



EESTI MAAÜLIKOOL  
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Antti-Armin Pärna**

**KLORIIDIDE KASUTAMINE TEEHOOLDEL -  
KESKKONNAMÕJU**

THE ENVIRONMENTAL INFLUENCE OF USING CHLORIDES  
AT ROAD MAINTENANCE

Magistritöö  
Linna- ja tööstusmaastike korralduse õppekava

Juhendaja: Kaja Orupõld, *PhD*

Tartu 2017

# LÜHIKOKKUVÕTE

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Antti-Armin Pärna		Õppekava: Linna- ja tööstusmaastike korraldus (80407)	
Pealkiri: Kloriidide kasutamine teehoodel - keskkonnamõju			
Lehekülgi: 63	Jooniseid: 6	Tabeleid: 15	Lisasid: -
<p>Osakond: Põllumajandus- ja keskkonnainstituut</p> <p>Uurimisvaldkond: Keskkonnatehnoloogia, reostuskontroll (T270);</p> <p>Maanteetransporditehnoloogia (T280)</p> <p>Juhendaja(d): Kaja Orupõld, <i>PhD</i></p> <p>Kaitsmiskoht ja aasta: Eesti Maaülikool, Tartu, Eesti, 2017</p>			
<p>Talvised ilmastikutingimused nõuavad efektiivseid, kuid samas majanduslikult säästvaid meetmeid jää- ja lumetõrjeks, tagamaks sõiduohutust ja läbitavust. Sel eesmärgil alates 1960-ndatest aastatest kasutusel olevat teesoola puistatakse Eestis riigimaanteedele kümneid tuhandeid tonne aastas, mis kõik lõpuks ühel või teisel moel looduskeskkonda jõuab. Kloriidid on täielikult vees lahustuvad ja väga mobiilsed, leides oma tee sõiduteeäärsele taimestikku, pinnasesse ja sealt edasi pinna- ja põhjavette. Pole olemas ühtegi looduslikku protsessi, mille käigus kloriidid lõhustatakse või eemaldatakse keskkonnast.</p>			
<p>Teehoodel kasutatavate kloriidide mõju keskkonnale, sealhulgas põhjaveele ei ole Eesti riigimaanteedel piisavalt uuritud ja nenede kasutamisele ei ole keskkonnaohutuse tagamiseks piirmäärasid kehtestatud.</p>			

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli hinnata Eesti riigimaanteede teehooldel kasutatavate kloriidide võimalikku keskkonnamõju ning sellest tulenevalt teesoolade kasutamisele piirangute kehtestamise vajadust, lisaks ka kasutatavate seiremetoodikate asjakohasust. Töö käigus analüüsiti olemasolevate Maanteeameti pinnase ja sademevee seire ning põhjavee tugivõrgu seire proovide kloriidide sisaldust. Pinnase proove võrreldi kloriidide looduslikult esineva foonikontsentratsioonidega ning sademevee ja põhjavee proove lisaks joogiveele ministri määrusega kehtestatud piirnormidega.

Töö autori järelduste kohaselt pole olemasolevate andmete põhjal teehooldel kasutatavatele kloriididele lisapiirangute kehtestamine praegu vajalik, kuid piisavalt põhjendatud on teostada talvise teehoolduse üle täiustatud meetodikaga kompleksset seiret, jälgides kloriidide liikumist ühekorraga pinnases, sademevees ja maapinnalähedases põhjavees. Maanteeameti pinnase ja sademevee seirete praegu kasutatav meetodika pole aga riigimaanteede libedusetõrjeks kasutatavate teesoolade keskkonnamõju adekvaatseks hindamiseks piisav ning põhjavee tugivõrgu seirekaevud ei sobi oma asukoha ja sügavuse tõttu teesoolade keskkonnamõju hindamiseks üldse.

Täpsustatud seireprogrammide tulemuste edaspidisel pikemaajalises trendide analüüsil võib siiski osutuda vajalikuks teesoolade kasutamisele lokaalsete piirangute kehtestamine, eriti kaitsmata põhjavee toitealaga piirkondades.

Märksõnad: libedusetõrje; jäätõrjekemikaalid; keskkonnareostus

# ABSTRACT

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Antti-Armin Pärna		Specialty: Management of Urban and Industrial Landscapes	
Title: The Environmental Influence of Using Chlorides at Road Maintenance			
Pages: 63	Figures: 6	Tables: 15	Appendixes: -
Department: Institute of Agricultural and Environmental Sciences Field of research: Environmental technology, pollution control (T270); Road transport technology (T280) Supervisors: Kaja Orupõld, <i>PhD</i> Place and date: Estonian University of Life Sciences, Tartu, Estonia, 2017			
<p>Estonian winters demand an effective and affordable means of de-icing roadways. The primary agent used for this purpose is road salt which has been used since 1960-s. Every year thousands of tons of chlorides are poured on Estonian national roads which all eventually arrives to natural environment. Chlorides are completely soluble and very mobile, finds it`s way to roadby plants, soil and from there to surface and ground water. There is no single natural process where chlorides are decomposed or eliminated from the environment.</p> <p>Potential environmental impact of chlorides used for road maintenance on Estonian national roads is not adequately investigated and according to that no limits for ensuring environmental safety are stated.</p> <p>The purpose of the present thesis is to evaluate the potential environmental influence of using chlorides at road maintenance on Estoninan national roads and according to this the needs for restrictions, also the relevance of the monitoring methodology. During the thesis work available Road Administration`s soil and rainwater and Groundwater support network monitorings of chlorides contence were analysed. Soil samples were compared with natural concentrations and rainwater and groundwater samples were also compared</p>			

with set limits of government regulation for drinking water.

According to the authors conclusions no extra limits for using road salts are necessary at the moment, but sufficient reasons of observing soil, rainwater and groundwater in complex are justified. The current methodology used for Road Administration soil and rainwater monitoring is not sufficient for adequate evaluation of the environmental impact of the road salts and Groundwater support network monitorings are not suitable at all because of the locations and depths of the wells.

After specifying monitoring programs long term trend analysis it may be necessary to set local limits for using chlorides at road maintenance, especially in unprotected areas of groundwater supply.

Keywords: de-icing; deicer chemicals; environmental pollution

## SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE .....	2
ABSTRACT .....	4
SISSEJUHATUS .....	7
1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	9
1.1. Kloriidide kasutamine teehooldel Eestis .....	9
1.1.1. Lume- ja libedusetõrje .....	11
1.1.2. Kruusateede tolmutõrje .....	13
1.2. Kloriidide kasutamise keskkonnamõju .....	15
1.2.1. Pinnas ja taimestik .....	17
1.2.2. Linnud, loomad ja vee-elustik.....	18
1.2.3. Infrastruktuur ja teed .....	19
1.2.4. Põhjavesi .....	20
2 MATERJAL JA METOODIKA.....	26
2.1 Pinnase seire .....	27
2.2 Sademevee seire .....	31
2.3 Põhjavee seire.....	34
3 TULEMUSED JA ARUTELU .....	37
3.1 Kloriidide sisaldus pinnases suuremate põhimaantee ääres.....	37
3.2 Sademevee kloriidide sisaldus suuremate põhimaantee äärsetes vee- vastuvõtjates .....	42
3.3 Kloriidide sisaldus maanteeäärsetes põhjavee seirekaevudes .....	47
3.4 Järeldused ja ettepanekud .....	51
KOKKUVÕTE .....	55
SUMMARY .....	57
KASUTATUD KIRJANDUS .....	59

## SISSEJUHATUS

Talvised ilmastikutingimused nõuavad efektiivseid kuid samas majanduslikult säästlikke meetmeid jää- ja lumetõrjeks, tagamaks sõiduohutust ja läbitavust. Kloriidide kasutamine libedusetõrjel muutus laialdaseks 1960-ndatel aastatel ning põhiliselt kasutatakse teesoola tingituna materjali odavusest, kättesaadavusest ja efektiivsusest. Kloriidide lahustumisel vees muutuvad vee sulamis- ja keemistemperatuur ehk soola lahus külmub madalamal ja keeb kõrgemal temperatuuril kui puhas ehk mage vesi. Puhas vesi tahkub null kraadi juures, samas kui soolane vesi vajab selleks koguni miinus 20 kraadi, sõltuvalt soola liigist. Viimasel ajal on märgatav jäätõrjekemikaalide kautamise suurenemine tingituna teekasutajate üha suurenevatest ootustest tee talvisele seisundile.

Keskmiselt kasutatakse Eesti riigimaanteedel talihooldetööde käigus kloriide 35 000 tonni aastas (Riigikontroll 2012), lisaks veel kohalike omavalitsuste teedel ja kruusateede tolmutõrje otstarbel kasutatavate kloriidide kogused, mis kõik lõpuks ühel või teisel moel loodusesse jõuavad. Teesool võib sattuda loodusesse vihma, lume- ja jääsulamisvee imbumisel pinnasesse või sõidukite poolt pritsmetena või tuule poolt kantuna, leides oma tee sõiduteeäärse taimestikku, pinnasesse ja sealt edasi pinna- ja põhjavette.

Kloriidid on täielikult vees lahustuvad ja väga mobiilsed. Pole olemas ühtegi looduslikku protsessi, mille käigus kloriidid lõhustatakse või eemaldatakse keskkonnast, ainult lahjendamine vähendab kloriidide kontsentratsiooni. Lisaks suurendab kloriidide kasutamine talviseks libedusetõrjeks ka muu saaste sisaldust teedelt äravoolavas sademevees, teedeäärse pinnases ja lõpuks põhjavees. Raskmetallide ja polütsükliliste aromaatsete süsivesinike (PAH-ühendite) emissioonid on otseses sõltuvuses liiklussagedusest ja teekatte tüübist ning libedusetõrjel kasutatud teesoolade kogustest. Keskkonnariski ennetamiseks on vajalik regulaarne ja süstemaatiline kloriidide kasutamise analüüs.

Riigikontroll auditeeris 2012. aastal riigimaanteed hooldust (Riigikontroll 2012) eesmärgiga hinnata, kas teid hooldatakse nõuetekohaselt ja säästlikult. Auditi tulemusel

tehti järeldusi lisaks muudele parameetritele ka teehoolde mõju üle keskkonnale. Leiti, et kuigi hooldelepingute aluseks olevate teehoiutööde tehnoloogianõuete järgi peavad tehnoloogilised lahendused vältima looduse kahjustamist, keskkonna geoloogilise või ökoloogilise seisundi muutmist ning teesoolade kasutamisel peab vältima nende sattumist pinnasesse ja veekogudesse, pole teehooldes kasutatavate kloriidide mõju keskkonnale, sealhulgas põhjaveele Eestis uuritud ning nende kasutamisele pole keskkonnohutuse tagamiseks piirmäärasid kehtestatud. Ainsaks ministri määrusega sätestatud kriteeriumiks on kloriidide nõutav kontsentratsioon ja kulumäär ühe kilomeetri kohta igal talvisel teesoola puistamisel teele.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli hinnata Eesti riigimaanteed teehooldel kasutatavate kloriidide võimalikku keskkonnamõju ning sellest tulenevalt teesoolade kasutamisele piirangute kehtestamise vajadust. Töös analüüsitakse olemasolevate Maanteeameti pinnase- ja sademevee seirete meetodikate asjakohasust ning tehakse ettepanekuid seirete edaspidiseks paremaks korraldamiseks ning teesoolatamise negatiivsete mõjude vähendamiseks.

Töö esimene osa annab ülevaate teehoolduse korraldamise üldistest põhimõtetest Eesti riigimaanteedel, sealhulgas lume- ja libedusetõrjeks ning kruusateede tolmutõrjeks kloriidide kasutamise põhimõtetest. Lisaks käsitletakse põhjavee kvaliteedi ja kaitsmise õiguslikke aluseid ning inimõju faktoreid selles ning anatakse ülevaade kloriidide kasutamise keskkonnamõju erinevatest aspektidest.

Teine peatükk annab ülevaate kasutatud materjalidest ning andmete kogumise meetodikast. Töö kolmandas jaotises analüüsitakse seireandmeid ning antakse hinnang seiremeetodikatele, tulemuste põhjal esitatakse autori poolsed järeldused ja ettepanekud, mida võiks kloriidide keskkonnamõju hindamiseks edaspidi parendada ning kuidas vähendada teesoolatamise negatiivseid mõjusid. Kokkuvõttes esitatakse ülevaade töö käigus välja kujunenud olulisematest tulemustest ja järeldustest.

Lõpuõo autor tänab juhendajat, kelle operatiivne ning konstruktiivne tagasiside oli töö valmimisel oluline ning Maanteeameti Keskkonnatalituse spetsialiste, kes töö jaoks asutuse seireandmeid edastasid ja kommenteerisid.



# 1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1. Kloriidide kasutamine teehooldel Eestis

Tee hooldamise eesmärk vastavalt Ehitusseadustikule on tagada tee seisundi vastavus majandus- ja taristuministri määrusega „Tee seisundinõuded“ kehtestatud nõuetele (RT I 1999). Teed ja tee toimimiseks vajalikud rajatised tuleb hoida korras ja viisil, et need vastaksid nõuetele ning tagatud oleksid tingimused ohutuks liiklemiseks. Seisundinõuete täitmine on kohustuslik kõigile avalikult kasutatavate teede, v.a jäätee, ja avalikkusele ligipääsetavate erateede omanikele või omaniku ülesandeid täitvatele isikutele. (RT I 2015a)

Tee seisundinõuetega kehtestatud teehoolduse põhimõtetega jagatakse teed vastavalt liiklussagedusele, maantee klassile ja liikluse iseloomule seisunditasemetele:

- tee, millel liiklus on suurem, on nõutav seisunditase kõrgem ning hooldetööde tegemine toimub sagedamini ja põhjalikumalt;
- tee, millel liiklussagedus on väike, on seisunditase madalam ning hooldetöid teostatakse harvemini ja väiksemas mahus.

Eestis on kehtestatud neli seisunditaset (vt tabel 1), millest riigimaanteed hooldel kasutatakse vaid kolme – neljanda seisunditaseme alla kuuluvad kiirteed Eestis puuduvad. Kõige kõrgemal ehk seisunditasemel kolm on 2 100 km kilomeetrit riigiteid. Need on põhiaanteed ning suurema liiklusega tugi- ning üksikud kõrvalmaanteed. Enamalt jaolt on nende teede pind talvel stabiilsetes ilmaoludes lume- ja jäävaba. Seisunditaset kaks rakendatakse 3 600 km riigiteedel, enamusel tugimaanteedel ning suurema liiklusega kõrvalmaanteedel. Nendel tehakse küll regulaarset libedusetõrjet, kuid eesmärgiks ei ole sõidujälgede lume- ja jäävaba hoidmine. Seisunditasemesse üks kuuluvaid teid on kõige rohkem, ligikaudu 10 800 km, millel piirdub talihooldus tavaoludes vaid lumetõrje tegemisega. Libedusetõrjet nendel teedel teostatakse vaid ohtlikes kohtades. (MNT)

**Tabel 1.** Tee talvised seisundinõuded (RT I 2015b)

Näitajad	Seisunditaseme nõuded			
	1	2	3	4
Üldised nõuded				
Tee nõutav seisund	kinnisõidetud lumi või jäätunud tee, libedusetõrje ohtlikes kohtades	kinnisõidetud lumi või jäätunud tee, libedusetõrje kogu teel	kõnnitee ning kõigi sõiduradade sõidujäljed sõiduteel on lume- ja jäävabad	kõnnitee ning sõidutee kate on lume- ja jäävaba sõiduradade ulatuses
Nõutav minimaalne haardetegur maanteel	0,20 ja ohtlikes kohtades 0,25	0,25 kogu teel	sõidujälgedes 0,30 ja teistes kohtades 0,28	0,30 kogu teel
Lumevallide vahe maanteel mõõdetuna teepinnalt, m	6 või kitsamal teel vähemalt sõiduraja laius	8 või kitsamal teel vähemalt mulde laius	sõiduradade ja teepeenarde laiuses	sõiduradade ja teepeenarde laiuses
Tasasus				
Suurimad roopad või ebatasasused kinnisõidetud lumes või karedas jääs, cm	4	3	sõidujälgede vahel võib olla lumekiht kuni 2 cm	teekate puhas, õhutemperatuuril alla -12 °C lubatud sõiduteel sõiduradade vahel lumekiht kuni 1 cm
Lumekihi kriitiline paksus				
Kohev lumi, cm	10	8	4	3
Sulalumi, lõrts või soola ja lume segu, cm	5	4	2	2

Hooldustsükli aeg on tähtaeg, mille lõpuks peavad tee talvised seisundinõuded olema täidetud (vt tabel 2). Hooldustsükli aja arvestus maanteel algab libeduse tekkest või lumesaju või tuisu lõpust. Eeldatakse, et 1. ja 2. seisunditasemega teedel tagatakse nõutav haardetegur teepinna karestamise või liivatamisega. (RT I 2015b)

**Tabel 2.** Hooldustsükli aeg tundides (RT I 2015b)

Hooldustsükkel	Seisunditaseme nõuded			
	1	2	3	4
Lume ja lõrtsi eemaldamine sõiduteel	24	12	5	2
Aeg nõutava haardeteguri tagamiseks	12	8	4	2
Soola-lume segu eemaldamine sõiduteelt	-	-	8	4
Kõnnitee ning jalg- ja jalgrattatee puhastamine ja libedusetõrje	12	12	8	6
Tee kohta kehtivate nõuete täitmine	36	24	12	8
Libedusetõrje tänava ohtlikes kohtades	6	4	2	1

Kloriide kasutatakse teehooldevaldkonnas põhiliselt kahel eesmärgil – lume- ja libedusetõrjeks ning kruusateede tolmutõrjeks.

### 1.1.1. Lume- ja libedusetõrje

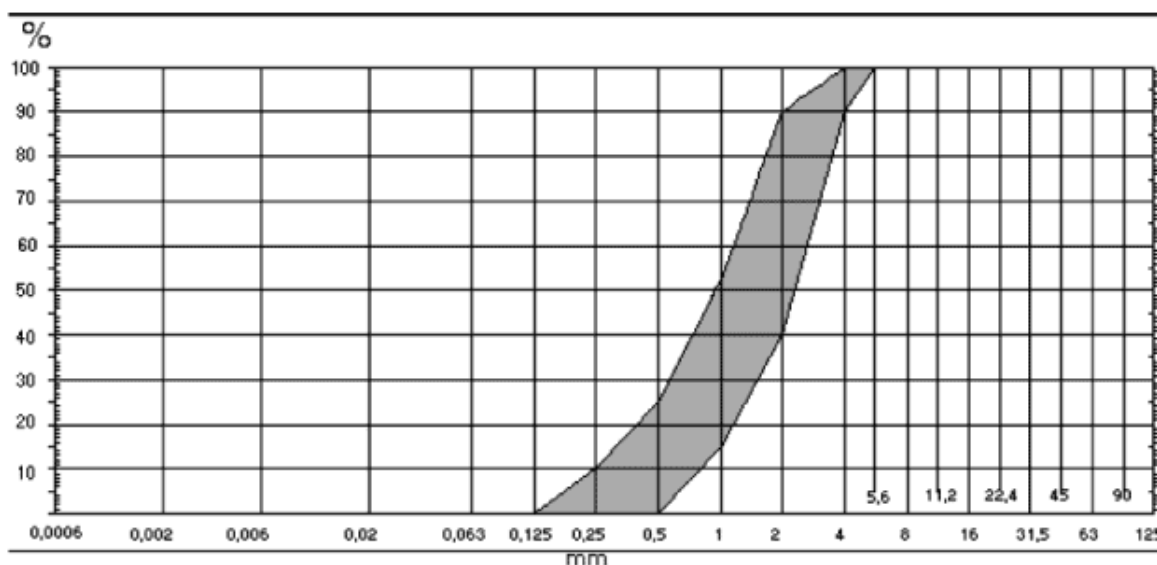
Lumetõrje eesmärk on lumesaju või tuisu tõttu teele kogunenud lume teelt eemaldamine ja lumevallide kõrgusest põhjustatud nähtavuspiiri taastamine nõutava tasemeni ning tuisu mõju vähendamine passiivsete tuisukaitserajatiste rajamisega. Libedusetõrje on teekatte haardeteguri suurendamine teekatte kloriidide, abrassiivmaterjalide või nende segude või kloriidide vesilahuste puistamisega, samuti teekatte haardeteguri suurendamine mehaanilise karestamisega või sama tehnoloogiaga roobaste ja ebatasasuste likvideerimine. Kloriididena kasutatakse naatriumkloriidi ( $\text{NaCl}$ ), kaltsiumkloriidi ( $\text{CaCl}_2$ ) ja magneesiumkloriidi ( $\text{MgCl}_2$ ), puistematerjalidena liiva, sõelmeid, sõelutud või purustatud kruusa ja killustikku. Jäite korral ja ennetavaks libedusetõrjeks kasutatakse 20-25% naatriumkloriidi lahust, katte temperatuuridel alla  $-5^\circ\text{C}$  kasutatakse lahuse asemel niisutatud kloriidi (vt tabel 3). Kuni  $-12^\circ\text{C}$  õhutemperatuurini on võimalik  $\text{NaCl}$  toimeefekti suurendada, kui seda niisutada  $\text{CaCl}_2$  lahusega. Õhutemperatuuril  $-12^\circ\text{C}$  kuni  $-18^\circ\text{C}$  juures võib kasutada libedusetõrjeks ainult  $\text{CaCl}_2$ , õhutemperatuuril alla  $-18^\circ\text{C}$  võib kasutada ainult puistematerjale. (RT I 2004)

**Tabel 3.** Libedusetõrjel kasutatavad naatriumkloriidi kogused (RT I 2004)

Libedusetõrjel kasutatavad 20-25% $\text{NaCl}$ lahuse kogused						
Õhutemperatuur, $^\circ\text{C}$	Pärast lume sahkamist		Pärast lörtsi sahkamist		Jäite puhul	
	$\text{ml/m}^2$	$\text{l/km}$	$\text{ml/m}^2$	$\text{l/km}$	$\text{ml/m}^2$	$\text{l/km}$
0 kuni $-2$	20-40	150-300	20-40	150-300	5-20	40-150
$-2$ kuni $-4$	40-50	300-375	40-160	300-1200	20-40	150-300
$-4$ kuni $-7$	50-60	375-450	-	-	40-60	300-450
Libedusetõrjel kasutatavad niisutatud $\text{NaCl}$ kogused						
Õhutemperatuur, $^\circ\text{C}$	Pärast lumekoristust		Pärast lörtsikoristust		Jäite puhul	
	$\text{g/m}^2$	$\text{kg/km}$	$\text{g/m}^2$	$\text{kg/km}$	$\text{g/m}^2$	$\text{kg/km}$
0 kuni $-2$	10-20	75-150	10-20	75-150	2-5	15-40
$-2$ kuni $-4$	10-20	75-150	20-30	150-225	5-10	40-75
$-4$ kuni $-7$	20-40	150-300	30-50	225-375	10-20	75-150
$-7$ kuni $-10$	40-60	300-45	50-70	375-525	20-30	150-225

Libedusetõrje soolad peavad vastama järgmistele tehnilistele näitajatele (RT I 2004):

- terakoostis peab olema 0,25-4,0 mm ja mahtuma ettenähtud sõelkõveraväljale (vt joonis 1). Peenemaid osiseid kui 0,25 mm ja jämedamaid osiseid kui 4,0 mm ei või olla üle 10% soolamassist;
- soola niiskuse sisaldus laos võib olla kuni 1,5%;
- lahustumatu jääk 20 °C vees võib olla kuni 0,7%;
- kloriidide (põhiaine) sisaldus peab olema vähemalt 97%;
- paakumise vältimiseks peab olema lisatud paakumisvastast lisandit.



**Joonis 1.** Libedusetõrje soolade sõelkõvera väli (RT I 2004)

Libedus tekib teele põhiliselt kahel põhjusel (Aavik):

- märja teepinna jäätumisel – sademete või lumevallide sulamise tagajärjel teepinnale tekkiva vee jäätumine temperatuuri langemisel;
- härmatise esinemisel – õhuniiskuse kondenseerumisel külmale teepinnale ja selle jäätumisel.

### 1.1.2. Kruusateede tolmutõrje

Eestis on seisuga 01.01.2015 teeregistri andmetel kokku 16 490 km riigiteid, millest 1 607 km moodustavad põhimaanteed (10%), 2 405 km tugimaanteed (15%) ja 12 478 km (75%) kõrvalmaanteed. Kõrvalmaanteedest moodustavad kruusateed kokku 5 255 km (42%) ehk ligikaudu 32% riigiteedest on kruusateed. (Teeregister 2015)

Kruusateede peamiseks probleemiks on liikluse poolt tekitatav tolmu, mis põhjustab ebameeldivusi teede ääres elavatele inimestele ja majapidamistele, tee kasutajatele, ning hooldajatele. Tolmu teke katteta teedel on üldteada, tolmu on põhjustatud auto turbulentsest liikumisest ning nihkejõududest rehvi ja pinnase vahel (Edvardsson jt 2012). Liiklusintensiivsuse 100 autot/ööpäevas korral on kruusateede aastane kuluvus 4 mm, mis tähendab, et igal aastal kaob selle pealt ligikaudu 43 tonni kruusmaterjali kilomeetri kohta (Konsap 2014).

Tolmu mõju on palju laialdasem kui seda võiks esialgu ette kujutada. Tolmu annab tõuke õhus lendlevatele ja edasi kanduvatele mikroosakestele, vähendades sellega nähtavust ja turvalisust ning mõjutab liiklusohutust. Lisaks suurendab tolmu autodel ja muul tehnikal liikuvate osade kulumist, suuremat kütusekulu ning liiklemisega seotud ajakulu. Leides pinnasetüübile sobiva tolmutõrjevahendi saab tagada tee ohutuse ja sõidumugavuse ning hoida teeäärne ala puhtana tolmust ning seeläbi tagada tervislikum keskkond. Samuti vähendab sobiva tolmutõrjevahendi kasutamine vajadust masinade remontida, teede hooldada ja uusi materjale teele lisada. (Edvardsson 2010; Edvardsson, Magnusson 2009; Smith 2003; Bolander, Yamada 1999; Grau 1992).

Tolmu põhjustab mitmeid terviseprobleeme, mille peamised avaldusvormid on silmade ja kopsude ärritus. (Smith 2003). Väikesed tolmuosakesed kinnituvad hingamisteede seintele ja satuvad kopsudesse, segades elundite tavapärase töötamist (Edvardsson jt 2012). Inimestele, kes elavad kruusateede ääres, põhjustab liikluse poolt tekitatud tolmu lisaks eelpool mainitule ka heinapalavikku ja allergiaid (Addo, Sanders, Chenrad 2004).

Tolm aeglustab taimede kasvu ja vähendab saagikust. Lisaks võib tolmu mõjutada fotosünteesi, hapnikuvahetust, aurustumist ja võimaldab fütotoksiliste saasteainete imbumist. Muutused taimeistikus mõjutavad loomi, selgroogsetest rohusööjatest kuni selgrootuteni välja, tolmu võib muuta loodusliku koosluse tasakaalu ja konkurentsi liikide vahel. (*Dust Control...* 1997)

Vastavalt Euroopa Nõukogu Direktiivile ei tohi inimasustusi läbivate kruusateede keskmine ööpäevane peenete tahkete osakeste (tolmu) läbimõõduga alla 10 µm kontsentratsioon ületada 50 µg/m<sup>3</sup> üle seitsme päeva aastas (EN 1999).

Kõige levinum traditsiooniline tolmutõrje materjal on kaltsiumkloriid (CaCl<sub>2</sub>). 2013. aastal teostati Eesti 5 411 km pikkuse kruusa- ja pinnaseteede võrgus väikese liiklussagedusega elamute ja majapidamiste läheduses olevatel kruusateede lõikudel tolmutõrjet ligikaudu 667,1 km ulatuses, kulutades selleks ligikaudu 600 t kaltsiumkloriidi. (Konsap 2014)

Nõukogude liidu perioodil on Eesti territooriumil kasutatud ja testitud erinevaid tolmutõrjevahendeid - põlevkivi- ja teisi raskeid õlisid. Ka taasiseseisvumise perioodil on mõningal määral katsetatud erinevaid tolmutõrje lahendusi, näiteks lahjendatud bituumenemulsiooni kasutamist, mis aga ei toonud oodatud tulemusi, kuna lagunes kiiresti. Lisaks on lühiajaliselt katsetatud ka saviga tolmutõrje teostamist Läänemaal ja paberitööstusest tulenevate jääkainetega tolmutõrjet Saaremaal. Suurimaks probleemiks on saanud tõsiasi, et teatud tolmutõrjevahendid, mis moodustavad kõva kihi teepinnale, et peatada tolmu õhkupaisumist, hakkavad kiiresti lagunema ja nendesse tekivad augud. Kuna ei ole leitud head ja odavat moodust, kuidas auke parandada ilma uut kõva katet loomata, on kaltsiumkloriid jäänud kõige kasutatavamaks tolmutõrjevahendiks. Püsikatendi ehitus väikese liiklussageduse juures oleks liiga kallis. Keskmiselt teostatakse tolmutõrjet igas maakonnas ligikaudu sajalt kilomeetril kruusateel. (Remmelgas 2015)

Kevadine esimene tolmutõrje tehakse tee esimeste hõõveldamiste käigus kulumiskihi pealmisele osale soola lisamisega, millega saadakse homogeenne ja niiskust pidav kiht. Tolmutõrjel kasutatavad soolakogused (vt tabel 4) sõltuvad tee laiusel ja liiklusintensiivsusest, lisaks veel metsasusest, suunast ilmakaare suhtes, looduslikust pinnasest, tee konstruktsioonist ja kulumiskihi materjali kvaliteedist. Seetõttu tehakse igale kruusateele soolamise plaan, kus märgitakse ära eespool mainitud muutujate suurus.

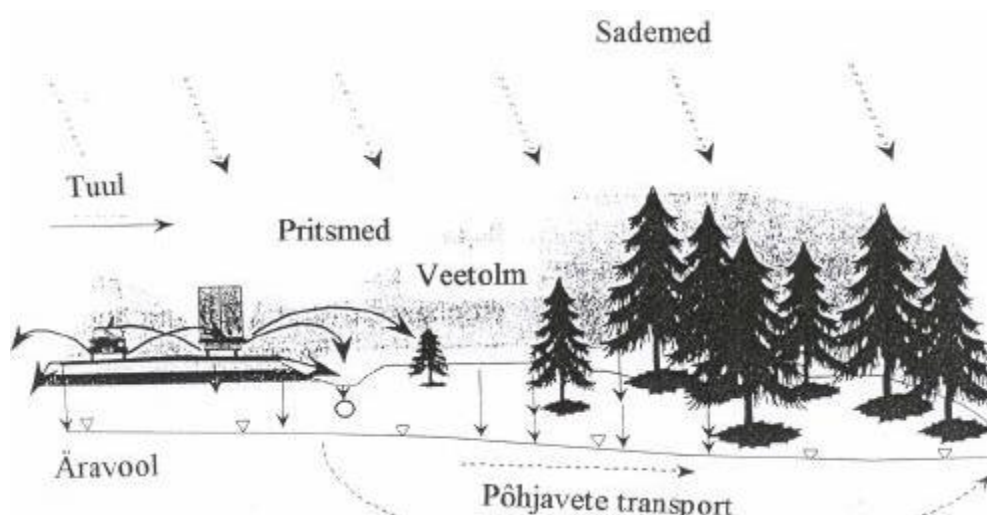
Soolakogus võib olla suurem teelõikudel, mis kulgevad lagedal maastikul või kui tee vahetus läheduses on asustus või vilja- ja marjapõllud. Kasutatavad soolakogused võivad olla väiksemad metsavahelistel teelõikudel, mille muldkeha on õhuke ja looduslik pinnas on hea kapillaarsusega. (MNT 2007)

**Tabel 4.** Kevadel tehtaval tolmutõrjel enam kasutatavad soolakogused t/km (MNT 2007)

Liiklusintensiivsus (autot ööpäevas)	Tee laius		
	5,0 m	6,0 m	7,0 m
>500	-	2,0	2,5
200-500	1,2	1,6	2,0
100-200	0,9	1,3	1,5
<100	0,7	0,9	1,1

## 1.2. Kloriidide kasutamise keskkonnamõju

Talvised ilmastikutingimused nõuvad efektiivseid kuid samas taskukohaseid meetmeid jää- ja lumetõrjeks. Põhiline aine, mida selleks otstarbeks kasutatakse on teesool naatriumkloriid, mis koosneb põhiliselt 40% Na<sup>+</sup> -ioonidest ja 60% Cl<sup>-</sup> -ioonidest. Teised komponendid nagu tsüaniid, mida kasutatakse paakumusvastase ainaena ja lisandid nagu fosfor ja raud võivad moodustada kuni 5% kogumassist. Naatrium, kloriid, tsüaniid ja muud teesoola lisandid võivad sattuda keskkonda vihma, lume- ja jääsulamisvee imbumisel pinnasesse või sõidukite poolt pritsmetena või tuule poolt kantuna, leides oma tee sõiduteeäärsele taimestikku, pinnasesse ja sealt edasi pinna- ja põhjavette, põhjustades sellega tõsiseltvõetava mõju looduskeskkonnale (vt joonis 2). Naatriumi sattumine looduskeskkonda võib põhjustada olulisi pinnase keemilise koostise muudatusi, asendades ja vabastades toitaineid pinna- ja põhjavette, võib muuta pinnase struktuuri ja mõjutada veekeskkonda. Soolalaod võivad ohustada nii looduskeskkonda kui ka inimesi, kuna tsüaniidiioonid võivad vabaneda teatud bakterite mõjul või päikesevalguse käes. (Hääl 2003)



**Joonis 2.** Soolade põhimõtteline liikumine teedelt keskkonda (Hääl 2003)

20-60% teedel kasutatud jäätumisvastaseid sooli kantakse õhuga 2-40 m kaugusele teeäärsele maapinnale (Blomqvist, Johansson 1999). Kuni teele puistatud soola täieliku lahustumiseni on liiklus oluline soolade ärakandja teepinnalt. Liiklus lõhub jäätumisvastaste soolade toimel kobestunud jääd ja lund, pritsib seda teelt eemale. Rootsi uurijad on leidnud suurimad soolade kogused 10 m kaugusel teest, kuid ohtu taimestikule arvestavad teest kuni 100 m kauguseni. Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituudis tehtud uuringute kohaselt (Hääl 2003) ulatub teesoola keskkonnamõju 20-30 m kaugusele teest, raskemetallide levikuala pole aga selge. Mitteväljalasketoru emissioonid ja teekatte kulumisest ning hoolduspraktikast põhjustatud saaste võib olla olenevalt võrdluskohtadest tunduvalt suurem autode väljalaske emissioonidest. Suurem osa saastest, välja arvatud kloriidid, akumuleerub huumushorisondis, osaliselt lahustub ja kandub sademeveega pinnase- ja edasi põhjavette.

Kloriidid on täielikult vees lahustuvad ja väga mobiilsed. Kloriidid on mürgise mõjuga veelustikule ja mõjutavad ka taimestikku ja metsloomi. Pole olemas ühtegi looduslikku protsessi, mille käigus kloriidid lõhustatakse või eemaldatakse keskkonnast. (Ramakrishna, Viraghavan 2005)

Teesoolade saasteained jõuavad veeressurssidesse põhjavette infiltreerudes, pinnavette voolates ja läbi sadeveekanalisatsiooni. Talvel ja kevadel lumesulamisveega ning ka suvise ja sügisese suurvee ajal võib kloriidide sisaldus vette jõudes ületada 800 mg/l, samas kui



looduslik foon jääb 1-10 mg/l vahemikku. Kloriidide akumulatsioon kujutab endast riski vee kvaliteedile ja kõigile, kes sellest sõltuvad, taimedele, loomadele ja inimestele. (Ramakrishna, Viraghavan 2005)

Liigselt naatriumi sisaldav joogivesi on murekohaks isikutele, kes kannatavad kõrgvererõhutõve all. Kloriidid pole väikestes kogustes inimestele mürgised, aga üle 250 mg/l korral on tuntavaks probleemiks vee maitse ja lõhn. (Jones jt 1992)

### **1.2.1. Pinnas ja taimeistik**

Sool mõjutab pinnase keemilist koostist, millesse ta infiltreerub. Ioonvahetuse käigus jäävad naatriumioonid pinnasesse ja vabanevad teised ioonid, näiteks kaltsium, magneesium ja kaalium, põhjavele, samuti suureneb metallide mobilisatsioon (TRB 1991). See põhjustab pinnase kurnatust, samuti muudab pinnase drenivust, vähendades pinnase stabiilsust ja pH-d ning üldist viljakust. Soolal võib olla mõju pinnase elustikule, hapnikuvahetusele, elektrijuhtivusele, osmootilisele potentsiaalile, dispersioonile, struktuursele stabiilsusele. Soolad võivad tõkestada mõningaid pinnases olevaid baktereid, seades ohtu pinnase struktuuri ja pärssida erosioonikontrolli ning suurendada setteid äravooludes. (PSC 1993; Ramakrishna, Viraghavan 2005; Sucoff 1975)

Mulla mõningane kõrgem klooriidide sisaldus enamasti taimi ei kahjusta, kuid liigne kontsentratsioon mullas osutub tihti kahjulikuks seetõttu, et klooriidide mullast väljauhtumisel leostub koos klooriidioonidega ekvivalentses koguses katioonseid toitelemente – kaltsiumi, magneesiumi, kaaliumi ja naatriumi. Nii halvenevad taimekasvuts vajalikud tingimused. (Hääl 2003)

Teeäärsete haljastute ökosüsteeme on uuritud 1986-1988 Tallinna Botaanikaaias ja 1996 Ökoloogia Instituudi teadlaste poolt. Uurimistöös käsitleti talvisest teede soolatamisest tingitud muutusi peamiselt teeäärsete haljastute muldades. Vaadeldi ka raskemetallide (Pb, Cu, Zn) sisaldusi. Nii mulla kui taimkatte analüüsid tehti enamasti 1-2 ja 5 meetri kaugusel sõiduteest. Teiste Eesti muldadega võrreldes oli teeäärsete haljastute muldadele iseloomulik suurem naatriumi ja kloori sisaldus. Suuremad naatriumi ja kloori kontsentratsioonid leiti 0-20 cm sügavuses humuslikus kihis, ulatudes kuni 2 meetri

kauguseni sõiduteest. Naatrium ja kloor on mullas ühed liikuvamad elemendid. Nende väljauhtumine oleneb nii mulla huumusesisaldusest kui ka kliimaatilistest tingimustest, mistõttu nende sisaldus varieerub ajaliselt aastate ja vegetatsiooniperioodide lõikes. Kontsentratsioonid on kõrgemad kevadel ja vähenevad märgatavalt sügiseks. (Ratas 1996)

Teesoola kõige silmapaistvam mõju looduskeskkonnale avaldub tee ääres kasvaval taimestikul – muru ja põõsad. Kuid sool ei mõjuta ainult maapealset vegetatsiooni, sellel on mõju ka veepealsele ja veealusele veetaimestikule. Eelkõige põhjustab liigne sool vedelikupuudust, mis põhjustab lehestiku kahjustusi, kuid samas ka osmootilist stressi, mis kahjustab juurekasvu (Trahan, Peterson 2008). Sool võib segada toitainete omastamist ja põhjustada kahjustusi seemnete idanemisele, vartele, lehtedele ja õitsemisvõimele. Soolatamine võib viia taimede hukkumiseni ning võib ühtlasi põhjustada soolatolerantsete liikide kolooniaid, vähendades sellega taimsetiku mitmekesisust. Tee-äärne taimestik on looduslikuks puhvriks saasteainete ja veekogu vahel. Soolakahjustustest tingitud taimestiku taandumine tingib saasteainete säilimise ja suurenemise sademevee imbumisel põhjavette. (Sucoff 1975)

### **1.2.2. Linnud, loomad ja vee-elustik**

Teesoola loodusekskkonda sattumine mõjutab looduse tervislikku seisundit, sealhulgas linde ja imetajaid. Linnud, kes on metsikus looduses kõige enam tundlikud teesoola mõjule, ajavad sageli teesoola kristallid segamini seemnete või väikeste kivikestega. Juba väga väikestes kogustes soola tarbimine võib viia mürgistusteni ja kogu kohaliku populatsiooni hukkumiseni. Suuremad eluslooduse esindajad nagu hirved ja põdrad on samuti meelitatud sõiduteele soolakristalle lakkuma, mis võib suurendada liiklusõnnetusi sõidukitega. Lumesulamisvesi võib sisaldada märkimisväärselt suuri koguseid naatriumi ja kloriide, mida paljud loomad janu leevendamiseks sisse joovad ja mistõttu saavad potentsiaalselt mürgistusi, mis tekitavad vedelikupuudust, segasust ja nõrkust lisaks teistele sümptomitele. Teesool võib olla põhjuseks populatsioonide arvukuse vähenemisele soolatundlike liikide seas, vähendades sellega looduslikku mitmekesisust piirkonnas. Taimestiku kahjustumine võib põhjustada märkimisväärset mõju metsloomade väljakujunenud harjumustele, hävitades sellega toiduressursse, varjukohti ning imetamise ja pesapaiku, sillutades teed sisserändavatele liikidele. (PSC, 1993)

Pinnavees sisalduvad kloriidid võivad osutuda mürgiseks mitmetele vee-elustiku vormidele, sealhulgas kaladele, selgrootutele, putukatele ja kahepaiksetele. Suurenenud kloriidide sisaldus vees võib ohustada toiduallikate kvaliteeti ja kujutada ohtu liikide ellujäämisele, kasvule või taastootmisele. Kloriidide mürgisus kasvab, kui see on seotud katioonidega nagu kaalium või magneesium, mis võivad eralduda erinevates kogustes teesoola ionide lahustumisel. Vee soolasusest tingitud stress tundlikele vee-elustiku kommuunidele võib mõjuda liigirikkusele. Soola olemasolu aitab vabastada mürgiseid metalle põhjasetetest, võib pärssida toitainete hulka ja vee hapnikusisaldust, millest kõigest vee-elustik sõltub. (NHDES 2016)

Kaks kõige suuremat probleemi lemmikloomade omanike jaoks seoses teesoolade kasutamisega on kloriidide sissesöömina ja käppade tervis. Otsene teesoola sissesöömine, soolaste käppade lakkumine või lumesulamisvee joomine võib esile kutsuda oksendamist, kõhulahtisust, söögiisu langust, niutumist, liigset janu, depressiooni, nõrkust, madalat vererõhku, orientatsioonikadu, lihasfunktsioonide häireid ja erandlikel juhtudel südame töö tõrkeid, selle seiskumist, koomat ja isegi looma surma. Käppade kokkupuude soolaga võib põhjustada valulikke ärritusi, põletikke ja taldade pragunemist, mis võib viia aeglaselt paranevate infektsioonideni. (ASPCA 2017)

### **1.2.3. Infrastruktuur ja teed**

Kloriidioonid suurendavad veejuhtivust ja kiirendavad korrosiooni. Kloriidid võivad tungida läbi betooni kaitsekihi sildadel ja parkimismajades, kahjustades armeerimisvardaid, seades ohtu sellega konstruktsioonide terviklikkuse. Soolad kahjustavad sõidukeid korrosiooniga, mõjutavad raudtee turvasüsteeme ja elektriliinide taristut, põhjustades lekkeid isolatsioonides ning elektrikadusid, lühiseid ja puidust postide süttimist. Korrosioonikahjustuste ja –kaitsemeetmete hind maanteedel ja sõidukitööstuses on teadaolevalt 16-19 miljardit dollarit aastas. (NHDES 2016)

Tänapäeval on selge, et niiskus mõjub asfaltkatetele kolmel viisil – nõrgendades kivimi ja bituumeni vahelist naket, muutes bituumeni olekut ja lagundades kivimaterjali. Kloriidisoolad mõjuvad bituumentitele kui emulgaatorid. Kui soolveega läbiimbunud asfaltsegule rakendub veel dünaamiline koormus (ülesõitva auto poolt teekattes tekitatav hetkeline ülesurve ja sellele järgnev vaakum), võib ilmned kaks efekti – sideaine eraldumine kivimaterjali pinnalt ning sideaine emulgeerumine ja emulsiooni väljapesemine segust (emulgeeruvad kõige kergemini hästi pindaktiivsed bituumenid). Vee sisseimbumisel ja külmumisel poorses kivimaterjalis tekivad purustavad pinged, mis murendavad tasapisi kivimaterjali jämedamat osa – killustikku. Tänavate kandevõime väheneb teekonstruktsiooni alumiste kihtide ja aluspinnaste märgumisel. Soola kasutamisel teekatte jäätumisvastase regendina suurendatakse teekattele mõjuvate külmumistsüklite arvu. Et asfaltsegude ja nende komponendiks olevate kivimaterjalide külmakindlus on normides määratud teatava tsüklite arvuga, tuleks organiseerida teepinna veerežiim nii, et asfaltkate ei kahjustuks külmumis-sulamistsüklite tõttu. Tsüklite arvu saab vähendada kui talvist soolakasutamist teadlikult piirata või soolane sulavesi kiiresti teelt ära juhtida. Kloriidide kasutamise vähendamine on soodne nii keskkonna kui teedehituse aspektist. (Hääl 2003)

Soomes on uuritud kloriidide kasutamise võimalikku vähendamist koos naastrehvide kasutuse piiramisega. Vaatamata teehoolde, ümbritseva keskkonna ja autode korrosiooni-alaste kulutuste kahanemisele seoses soolatamise ning naastrehvide kasutusmäära vähenemisega Soomes, on täiendavatest liiklusõnnetustest tulenevad kulutused sedavõrd suured, et ühiskondlik summaarne efekt arvatakse olevat negatiivne. (Hääl 2003)

#### **1.2.4. Põhjavesi**

Põhjavesi on väärtuslik loodusvara, mida tuleks seetõttu kaitsta seisundi halvenemise ja keemilise reostuse eest. See on eriti oluline põhjaveest sõltuvate ökosüsteemide puhul ja põhjavee kasutamisel joogiveena. Põhjavesi on kõige tundlikum ja kõige suurem mageveekogum Euroopa Liidus ning ennekõike avaliku joogiveevarustuse allikas paljudes piirkondades. Keskkonna tervikuna ja inimeste tervise kaitsmise huvides tuleb kahjulike saasteainete kontsentratsioone põhjavees vältida, seda ära hoida või vähendada. On vaja

teha vahet ohtlike ainete, mille põhjavette viimist tuleks ära hoida, ja muude saasteainete vahel, mille põhjavette viimist tuleks piirata. (EN 2006)

Euroopa Liidu veepoliitika raamdirektiiv (EN 2000) käsitleb veekaitset reoainete heidete piiramise ja keskkonnakvaliteedi standardite rakendamise abil. Põhjavee osas on keskkonnastandardite summana käsitletav vee hea seisundi nõue. Üldeesmärk on säilitada põhjavee hea kvantitatiivne ja kvalitatiivne seisund, tagada põhjavee säästlik kasutamine ning kaitse. Seda eesmärki aitab saavutada Veeseadus (RT I 1994), mis kohustab kõiki isikuid vältima vee reostamist ja liigvähendamist, veekogude ja kaevude risustamist ning vee-elustiku kahjustamist.

Tähtsamad printsiibid, mida tuleb järgida põhjavee hea seisundi saavutamiseks, on (Põhjaveekomisjon 2004):

- põhjavee säästlik kasutamine (veemajanduskavad, põhjaveevaru uuringud, vee erikasutusload);
- reostuse ärahoidmine (nõuded heidetele, põhjavett mõjutavatele tegevustele, keskkonnohtlikele objektidele) ja jääkreostuse likvideerimine (hüljatud jäätmed, pinnase ja põhjavee reostus).

Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetavale põhjaveele kehtestatakse kvaliteedi- ja kontrollinõuded Sotsiaalministri vastava määrusega (RTL 2003), võttes arvesse vee looduslikku koostist, nõuetekohaseid veetöötlusmeetodeid, vee kogust ja kaitstust reostuse eest. Joogivee tootmiseks kasutada kavatsetav põhjavesi klassifitseeritakse piirväärtuste järgi (vt tabel 5). Põhjavett, mille piirväärtused ületavad III kvaliteediklassi näitajate piirväärtusi, ei tohi valida joogiveeallikaks.

**Tabel 5.** Joogiveeallikana kasutada kavatsetava põhjavee jaotus kvaliteediklassidesse näitajate piirväärtuste alusel (RTL 2003)

Jrk nr	Näitaja	Ühik	Kvaliteediklass I	Kvaliteediklass II	Kvaliteediklass III
Keemilised näitajad					
1	Ammoonium	mg/l	0,5	1,5	2
2	Antimon	µg/l	5	5	5
3	Arseen	µg/l	10	10	10
4	Baarium	mg/l	1	2	4
5	Benseen	µg/l	1	1	1
6	Benso(a)püreen	µg/l	0,010	0,010	0,010
7	Boor	mg/l	1	1	2
8	Elavhõbe	µg/l	1	1	1
9	Elektrijuhtivus	µS cm <sup>-1</sup> 20 °C juures	2500	2500	2500
10	Hägusus	NTU	1,5	2,0	3,0
11	Fenoolsed ühendid	mg/l	0,001	0,001	0,001
12	Fluoriid	mg/l	>1,2-≤1,5	≥1,5-≤1,7	≥1,5-≤4,0 <sup>1</sup>
13	Kaadmium	µg/l	5	5	5
14	Kloriid	mg/l	250	250	350
15	Kroom	µg/l	50	50	50
16	Lõhn	pall	2	2	3
17	Mangaan	µg/l	50	100	200
18	Naatrium	mg/l	200	200	350
19	Nikkel	µg/l	20	20	20
20	Nitraat	mg/l	50	50	50
21	Nitrit	mg/l	0,5	≤0,5	≤1,0
22	Oksüdeeritavus	mg/l O <sub>2</sub>	5	5	5
23	Pestitsiidid	µg/l	0,1	0,1	0,1
24	Plii	µg/l	10	10	10
25	Raud	µg/l	200	1000	10 000
26	Sulfaat	mg/l	250	250	350
27	Seleen	µg/l	10	10	10
28	Tsüaniid	µg/l	50	50	50
29	Vask	mg/l	2	2	2
30	Vesinikioonide kontsentratsioon	pH	≥6,5 ja ≤9,5	≥6,5 ja ≤9,5	≥6,5 ja ≤9,5
31	Värvus	pall	5	5	10
Radioloogilised näitajad					
32	Tritium	Bq/l	100	100	100
33	Efektiivdoos	mSv/aastas	0,10	0,10	0,10
Mikrobioloogilised näitajad					
34	<i>Escherichia coli</i>	PMÜ/100 ml	0	0	≤10
35	Enterokokid	PMÜ/100 ml	0	0	≤10
36	Kolooniate arv 22 °C	PMÜ/1 ml	100	100	≤300
37	<i>Coli</i> -laadsed bakterid	PMÜ/100 ml	0	0	≤10

Põhjavee hea seisundi tagamise eesmärgil piiratakse saasteainete emissioone. Selliste piirangute näiteks on Vabariigi Valitsuse määrus „Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise meetmed“ (RT I 2013). Määruses puuduvad nõuded kloriidide kontsentratsioonidele.

Põhjavee seisund määratakse veemajanduskava koostamisel halvima kvaliteedi- või kvantideedinäitaja väärtuse järgi. Põhjavee hea kvalitatiivne seisund tähendab põhjavee looduslähedast koostist, kui keskkonnakvaliteedi standardeid pole inimtegevuse mõjul ületatud.

Kuna põhjavee hea seisundi tagamine on otseselt või kaudselt seotud rahaliste võimalustega, tekib küsimus, kus ja millist reostust ühiskond aktsepteerib. Veeseadus nõuab reostunud põhjavee seisundi parandamist reostaja või kui reostajat pole võimalik kindlaks teha, siis riigi kulul. Paktikas pole täpselt määratletud, millistel tingimustel millises asukohas (kas looduslik ala või tööstuspiirkond) tuleb põhjavesi reostunuks lugeda. Paraku on reostunud põhjavee puhastamine enamasti ka teostamatu või põhjendamatult kallis. Pragmaatiline seiukoht on, et keskkonnakaitseliste meetmetega seotud kulutused peavad olema väiksemad kui ärahoitav eeldatav kahju inimese tervisele või elusloodusele. Senini arvestatakse tulusid ja kulusid üksnes finantsmajanduslikust vaatepunktist ja ei arvestata sotsiaalset tulu ega puhta keskkonna väärtust.

Inimtegevuse mõju põhjaveele algas koos alepõllunduse levikuga ning jätkus asulate ning tööstuse tekkega. Ohtlikumad reostusallikad on vedelkütuse ja kemikaalide hoidlad ning tööstusjäätmete prügilad. Põhjaveele on ohtlikud ka lekkivad kanalisatsioonirajatised, reostunud vee juhtimine põhjavette, väetiste ja mürkkemikaalide kasutamine ning muud tegevused, millega kaasneb vees lahustuvate ohtlike ainete teke või keskkonnaavariide võimalus (vt joonis 3).



**Joonis 3.** Reostuse levik põhjavette ja kaevudesse (Põhjaveekomisjon 2004)

Tallinna linna tellimusel on Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituut uurinud kloriidide mõju Tallinna keskkonnaseisundile aastatel 2003-2009 (Hääl 2008, 2009), kasutades selleks Eesti Geoloogiakeskuse OÜ ja Harjumaa Keskkonnateenistuse andmebaase. Pikimad põhjavee kloriidiooni sisalduse andmerekad saavad alguse 1960. aastatest ja neile tuginedes tegid uuringu koostajad järelduse, et tänaseks on kloriidide sisaldused põhjavees paljudes kohtades ohtlikult tõusnud. Näiteks kui vaatluspuurkaev 715A kloriidide sisaldus oli kuni 1974. aastani suhteliselt stabiilselt 10-20 mg/l, siis 2008. aastal mõõdeti kloriidide sisalduseks 152 mg/l. Uuringu koostajad võtsid lisaks ka teekattest kuni 15 m kauguselt pinnaseproove, ning leidsid suuri kloriidide sisaldusi: näiteks 2008. aastal Õismäe teel õhuseire jaama vahetust lähedusest, 2 m kaugusel kõnniteest võetud proovi kloriidide sisaldus oli 1340 mg/l.

Aladel, kus vettandvad liivakivi või lõhelise lubjakivi kihid avanevad otse maapinnal või õhukese pinnakatte all, pääseb reostus kiiresti põhjavette – need on kaitsmata põhjaveega alad (kasutatakse ka sõna tundlikud alad). Samas võib paksu savipinnase kihiga kaetud põhjaveekihist saada puhast põhjavett ka reostuskolde kõrvalt – need on kaitstud



põhjaveega alad. Kaitstud ja kaitsmata põhjaveega aladel tuleb põhjaveekihi kaitse vajadusest ning majanduslikest kaalutlustest lähtudes rakendada erineva rangusega kaitsenõudeid. Põhjavee loodusliku kaitstuse määrab põhjaveekihti katva suhteliselt vettpidava pinnasekihi paksus, selle koostis, filtratsiooniomadused, pinnaseosakeste reoaine sidumisvõime ja keemiline aktiivsus. Reoaine liikumine pinnases ülevalt alla toimub koos infiltreeruva sademeveega raskusjõu mõjul või reoaine hajumise teel. Põhjavee kaitstus suureneb kui survepõhjavee tase ulatub savikasse kattekihti. Põhjavee kaitstuse hindamiseks konkreetsel alal tuleb teada geoloogilisi ja hüdrogeoloogilisi tingimusi, aeratsioonivöö neeldumismahtu konkreetse reoaine puhul, uurida veepidemete filtratsiooniomadusi, reoaine liikuvust ja lagunemisaega. (Põhjaveekomisjon 2004)

Pinnases astub reostunud vesi kontakti pinnaseosakeste, mineraalide ja mikroorganismidega. Osa reoaineid seotakse pinnaseosakeste poolt, osa astuvad keemilistesse reaktsioonidesse ja moodustavad lahustumatuid ühendeid, mis jäävad kivimi pooridesse, kolmas osa ühendeid lagunevad vabadeks ioonideks, veeks ja gaasideks. Kõigi nende protsesside tulemuseks on vee puhastumine, mida nimetatakse isepuhastumiseks. Reostunud põhjavesi puhastub reostunud ja puhta vee segunemisel, reoaine lagunemisel või sidumisel mulla või pinnaseosakeste külge. Reostunud vee segunemisel puhta põhjaveega väheneb reostusainete kontsentratsioon. Kui tegemist on olnud ühekordse reostusega, siis toimub lahjenemine maapinnalähedases veekihi peamiselt igaaastase sademevee infiltratsiooni arvel. Lahjenemisele ja isepuhastusele saab loota peamiselt väikeste ja maapinnalähedaste reostuskollete puhul. Seevastu kloriidioonidest põhjustatud reostus saab vähendada ainult hajumise ja lahjenemise tulemusena, mis võib suurte põhjavette sattunud soolakoguste puhul võtta pikka aega. (Põhjaveekomisjon 2004)

## 2 MATERJAL JA METOODIKA

Käesolev magistritöö analüüsib teehooldetööde raames Eesti riigimaanteedel lume- ja libedusetõrjeks kasutatava teesoola võimalikku keskkonnamõju, võttes aluseks asjakohase kirjanduse põhitõed ning olemasolevad Maanteeameti Keskkonnatalituse pinnase ja sademevee ning põhjavee riikliku seire andmed. Analüüsi käigus võrreldakse sademevee ja põhjavee seireandmeid – kloriidide sisaldust – joogiveele Sotsiaalministri määruses nr 1 „Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinna- ja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded“ (RTL 2003) kehtestatud piirväärtusega (250 mg/l) ja looduslike kloriidide sisalduse fooniga. Pinnase seireandmeid võrreldakse pinnase loodusliku kloriidide sisalduse fooniga 100 mg/kg (Yaalon 1963). Vastavalt andmete olemasolule võrreldakse kloriidide sisalduse muutust kevad-sügis perioodidel ning aastate lõikes. Eraldi piirmäärasid kloriidide sisalduse reostusnäitajate kohta pinnases ning sademevees pole Eestis kehtestatud.

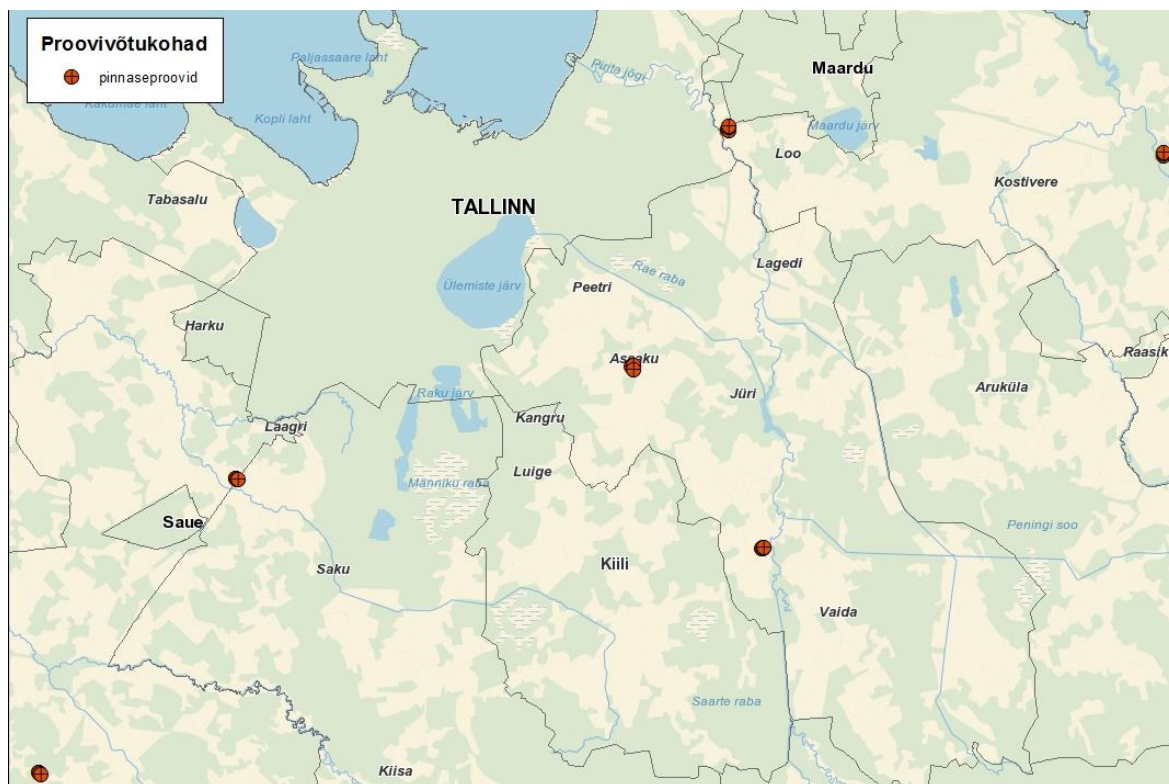
Seireandmete väljavõtted kloriidide sisaldusest ning nende koguste võrdlemine sademete loodusliku kloriidide kontsentratsiooniga, põhjavee keskmise kloriidide kontsentratsiooniga, joogiveele kehtestatud piirmääradega ning pinnase üldise loodusliku kloriidide kontsentratsiooniga peegeldavad otseselt teesoolade jõudmist looduskeskkonda, andes võimaluse hinnata hooldemeetodi reaalselt keskkonnamõju ning vajadust teesoolade kasutamise piiramiseks.

Maanteede puhul sõltub mõju keskkonnale, sealhulgas looduskeskkonnale suuresti transpordi liiklusintensiivsusest. Liiklussõlmede sademete kogumise ja osalise puhastamise uuringu (AS Kobras ja AS Maves 2012) kohaselt võivad autoliiklusega kasnevate ohtlike ühendite emissioonid olulist mõju avaldada ehk liiklusmagistraalide sademevett tuleks puhastada liiklusintensiivsuse 30 000 autot/ööpäevas juures ning tundlikumate alade puhul soovitatakse sademevee käitlusvajadust analüüsida alates liiklusintensiivsuse 15 000 autot/ööpäevas korral. Sellise liiklussagedusega maanteelõike on Eestis kokku 9, neist 8 Tallinna ümbruses ning 1 Jõhvi lähedal.

Maanteeameti seirete proovid võetakse põhjavee sesoonse toitumise tõttu üldiselt kaks korda aastas – kevadel, kohe pärast lume sulamist ja sügisel, peale suvise autosõidu kõrghooaja lõppemist. Kuna sademed on põhjavee toitumise esmane allikas, siis on nende keemiline koostis ka põhjavee koostise formeerumisel esmajärgulise tähtsusega. Laboris määratakse Pb, Cd, Hg, Ni, As, Zn ja Cl sisaldused. Proovid võtab ja laborianalüüsib teostab Maanteeameti lepingupartner OÜ Keskkonnauuringute Keskus. Pinnase- ja veeproovide võtmine teostatakse Keskkonnaministri määruse nr 30 „Proovivõtumeetodid“ nõudeid järgides. (MNT 2016)

## **2.1 Pinnase seire**

Alates 2015. aastast teostab Maanteeameti Keskkonnatalitus pinnase seiret suuremate põhimaanteede ääres. Seire läbiviimiseks rajatud proovivõtupunktid on määratud arvestusega, et üks punkt oleks ühel maanteel kohas liiklussagedusega üle 10 000 auto/ööpäevas ja teine punkt samal maanteel kohas liiklussagedusega alla 10 000 auto/ööpäevas. Proovivõtukohtad (vt joonis 4) on määratud Tallinnast väljuvatel suundadel Tallinn – Tartu, Tallinn – Pärnu ja Tallinn – Narva, igal teel kaks proovivõtupunkti mõlemal pool teed, kokku 12 punkti. Punktidest võetakse 30 cm sügavuselt proovid 1 meetri kaugusel asfaldi servast, 20 meetri kaugusel tee äärmise sõiduraja teljest ja 50 meetri kaugusel tee äärmise sõiduraja teljest. Proovide katsemeetodiks kasutatakse STJ nr V6, mis põhineb standardil EVS-EN ISO 10304-1 „Vee kvaliteet. Lahustunud fluoriid-, kloriid-, nitrit-, ortofosfaat-, bromiid-, nitraat- ja sulfaatioonide sisalduse määramine, kasutades ioonvahetus-vedelikkromatograafiat. Osa 1: Meetod madala reostusega vee jaoks . (MNT 2016)



**Joonis 4.** Pinnase seire proovivõtukohtade asukohad 2015 (MNT 2016)

2015. aastal moodustati pinnase seiramiseks suuremate põhimaanteed ääres 36 proovivõtupunkti 6 proovivõtukohta: Nehatule, Ruule, Lehmjale, Patikale, Jälgimäele ja Pällule (vt tabel 6). Kevadised proovid võeti 14. mail ning sügised proovid 23. septembril. Proovide analüüsil laboris toodi välja kloriidide sisalduse tulemused alates 30 mg/kg.

**Tabel 6.** Pinnase seire proovivõtukohad suuremate põhimaanteed ääres 2015. aastal

Proovi nr	Proovivõtukoha nimi	Proovivõtukoha täpsustus	Proovivõtukoha koordinaat X	Proovivõtukoha koordinaat Y
N1P1	Nehatu	Paremal, 1m asfaldi servast	6590098	552221
N1P2		Paremal, 20m telgjoonest	6590098	552221
N1P3		Paremal, 50m telgjoonest	6590061	552236
N1V1		Vasakul, 1m asfaldi servast	6590151	552269
N1V2		Vasakul, 20m telgjoonest	6590155	552264
N1V3		Vasakul, 50m telgjoonest	6590188	552264
N2P1	Ruu	Paremal, 1m asfaldi servast	6589184	568011
N2P2		Paremal, 20m telgjoonest	6589177	568013
N2P3		Paremal, 50m telgjoonest	6589140	568013

Tabeli 6 järg

Proovi nr	Proovivõtukoha nimi	Proovivõtukoha täpsustus	Proovivõtukoha koordinaat X	Proovivõtukoha koordinaat Y
N2V1	Ruu	Vasakul, 1m asfaldi servast	6589222	568000
N2V2		Vasakul, 20m telgjoonest	6589225	568000
N2V3		Vasakul, 50m telgjoonest	6589252	567993
N3P1	Lehmja	Paremal, 1m asfaldi servast	6581540	548767
N3P2		Paremal, 20m telgjoonest	6581536	548760
N3P3		Paremal, 50m telgjoonest	6581516	548736
N3V1		Vasakul, 1m asfaldi servast	6581560	548789
N3V2		Vasakul, 20m telgjoonest	6581566	548794
N3V3		Vasakul, 50m telgjoonest	6581392	548815
N4P1	Patika	Paremal, 1m asfaldi servast	6574936	553474
N4P2		Paremal, 20m telgjoonest	6574933	553469
N4P3		Paremal, 50m telgjoonest	6574916	553441
N4V1		Vasakul, 1m asfaldi servast	6574962	553502
N4V2		Vasakul, 20m telgjoonest	6574964	553509
N4V3		Vasakul, 50m telgjoonest	6574982	553538
N5P1	Jälgimäe	Paremal, 1m asfaldi servast	6577454	534411
N5P2		Paremal, 20m telgjoonest	6577456	534409
N5P3		Paremal, 50m telgjoonest	6577477	534383
N5V1		Vasakul, 1m asfaldi servast	6577436	534441
N5V2		Vasakul, 20m telgjoonest	6577432	534447
N5V3		Vasakul, 50m telgjoonest	6577413	534473
N6P1	Pällu	Paremal, 1m asfaldi servast	6566803	527285
N6P2		Paremal, 20m telgjoonest	6566816	527273
N6P3		Paremal, 50m telgjoonest	6566844	527254
N6V1		Vasakul, 1m asfaldi servast	6566791	527293
N6V2		Vasakul, 20m telgjoonest	6566791	527301
N6V3		Vasakul, 50m telgjoonest	6566764	527319

2016. aastal moodustati pinnase seiramiseks suuremate põhimaanteede ääres 10 proovivõtukohas 53 proovivõtupunkti, millest 30 kevadel ja 23 sügisel. Kevadised 7 proovivõtukoha moodustati: Jälgimäele, Saugale, Nurmele, Kangrule, Tammemäele, Männikule, Tartu ringteele (vt tabel 7). Sügisesed 4 proovivõtukoha moodustati: Rannamõisa tee, Meremõisasse, Kumnale ja Laabile (vt tabel 8). Kevadised proovid

võeti 12. ja 14. aprillil ning sügisesed proovid 13. septembril. Proovide analüüsil laboris toodi välja kloriidide sisaldus alates 30 mg/kg.

**Tabel 7.** Pinnase seire proovivõtukohad suuremate põhimaanteed ääres 2016. aasta kevadel

Proovi nr	Proovi- võtukoha nimi	Proovivõtukoha täpsustus	Proovivõtukoha koordinaat X	Proovivõtukoha koordinaat Y
JP1	Jälgimäe	Paremal, 1m asfaldi servast	6575202	534966
JP2		Paremal, 20m telgjoonest	6575221	534963
JP3		Paremal, 50m telgjoonest	6575246	534959
JV1		Vasakul, 1m asfaldi servast	6575195	534969
JV2		Vasakul, 20m telgjoonest	6575195	534969
JV3		Vasakul, 50m telgjoonest	6575144	534981
PP1	Sauga	Paremal, 1m asfaldi servast	6476117	528908
PP2		Paremal, 20m telgjoonest	6476114	528893
PP3		Paremal, 50m telgjoonest	6476119	528861
PV1	Nurme	Vasakul, 1m asfaldi servast	6476116	528918
PV2		Vasakul, 20m telgjoonest	6476118	528937
PV3		Vasakul, 50m telgjoonest	6476111	528973
KP1	Kangru	Paremal, 1m asfaldi servast	6579918	543895
KP2		Paremal, 20m telgjoonest	6579912	543879
KP3		Paremal, 50m telgjoonest	6579900	543845
KV1		Vasakul, 1m asfaldi servast	6579920	543910
KV2		Vasakul, 20m telgjoonest	6579926	543927
KV3		Vasakul, 50m telgjoonest	6579930	543955
MP1	Tammemäe	Paremal, 1m asfaldi servast	6575090	539958
MP2		Paremal, 20m telgjoonest	6575107	539955
MP3		Paremal, 50m telgjoonest	6575147	539943
MV1	Männiku	Vasakul, 1m asfaldi servast	6579079	539956
MV2		Vasakul, 20m telgjoonest	6575064	539954
MV3		Vasakul, 50m telgjoonest	6575029	539952
TP1 1264	Tartu, Ringtee 89	Paremal, 1m asfaldi servast	6471021	657448
TP2 1266		Paremal, 20m telgjoonest	6471010	657434
TP3 1395		Paremal, 50m telgjoonest	6470993	657409
TV1 1475		Vasakul, 1m asfaldi servast	6471025	657457
TV2 1479		Vasakul, 20m telgjoonest	6471035	657472
TV3 1482		Vasakul, 50m telgjoonest	6471053	657496

**Tabel 8.** Pinnase seire proovivõtukohad suuremate põhimaanteed ääres 2016. aasta sügisel

Proovi nr	Proovi-võtukoha nimi	Proovivõtukoha täpsustus	Proovivõtukoha koordinaat X	Proovivõtukoha koordinaat Y
TaP2	Rannamõisa tee 14C	Paremal, 20m telgjoonest	6588500	533697
TaP3		Paremal, 50 m telgjoonest	6588524	533709
TaV1		Vasakul, 1m asfaldi servast	6588475	533684
TaV2		Vasakul, 20m telgjoonest	6588465	533678
TaV3		Vasakul, 50m telgjoonest	6588434	533666
KJP1	Meremõisa	Paremal, 1m asfaldi servast	6583903	516694
KJP2		Paremal, 20m telgjoonest	6583903	516708
KJP3		Paremal, 50m telgjoonest	6583912	516733
KJV1		Vasakul, 1m asfaldi servast	6583900	516683
KJV2		Vasakul, 20m telgjoonest	6583887	516674
KJV3		Vasakul, 50m telgjoonest	6583875	516647
KP1	Kumna	Paremal, 1m asfaldi servast	6574896	524802
KP2		Paremal, 20m telgjoonest	6574908	524812
KP3		Paremal, 50m telgjoonest	6574930	524826
KV1		Vasakul, 1m asfaldi servast	6574874	524794
KV2		Vasakul, 20m telgjoonest	6574861	524785
KV3		Vasakul, 50m telgjoonest	6574843	524774
HP1	Laabi	Paremal, 1m asfaldi servast	6584698	534240
HP2		Paremal, 20m telgjoonest	6584713	534231
HP3		Paremal, 50m telgjoonest	6584729	534205
HV1		Vasakul, 1m asfaldi servast	6584689	534247
HV2		Vasakul, 20m telgjoonest	6584676	534256
HV3		Vasakul, 50m telgjoonest	6584652	534274

## 2.2 Sademevee seire

Maanteeameti Keskkonnatalituse sademeveeseire väljatöötamisel määrati, et maanteeveega risti olevatest suurtest veevastuvõtjatest ehk peakraavidest, mis suubuvad kaitsealustesse veekogudesse, võetakse proovid mõlemal pool teed 30 meetri kauguselt ning peakraavidesse suubuvatest maanteekraavidest 10 meetri kauguselt enne suubumist peakraavi. Statsionaarsed seirepunktid on rajatud Tallinna, Pärnu, Tartu ja Jõhvi ümbrusesse, kus põhimaanteed liiklussagedus on ligikaudu 15 000 autot/ööpäevas. Maanteeameti sademevee seire proovides analüüsitakse kloriidide sisaldust alates 2015. aastast. Proovide katsemeetod EVS-EN ISO 9297. (MNT 2016)

2015. aastal võeti sademevee seiramiseks suuremate põhimaanteede ääres 33 proovi 14 proovivõtukohas, 14 proovi teekraavidest, 8 proovi peakraavidest, 4 proovi ojadest, 6 proovi jõgedest ning 3 proovi sademevee väljalasestest (vt tabel 9). Kevadised proovid võeti 24. märtsil ning sügised proovid 29. septembril. Proovide analüüsil laboris toodi välja kloriidide sisalduse tulemused alates 3 mg/l.

2016. aastal võeti sademevee seiramiseks suuremate põhimaanteede ääres 46 proovi, millest kevadel 22 proovi ja sügisel 26 proovi (vt tabel 9). Kevadised proovid võeti 29. märtsil 12 proovivõtukohas, 10 proovi teekraavidest, 4 proovi peakraavidest, 4 proovi ojadest, 6 proovi jõgedest ning 1 proov Pääsküla jõkke suubuvast sademevee väljalaskest. Sügised proovid võeti 17. oktoobril 14 proovivõtukohas, 13 proovi teekraavidest, 4 proovi peakraavidest, 4 proovi ojadest, 4 proovi jõgedest ning 1 proov Pääsküla jõkke suubuvast sademevee väljalaskest.

**Tabel 9.** Sademevee seire proovivõtukohad suuremate põhimaanteede äärsetes veevastuvõtjates

Proovi nr				Proovivõtukoht	Proovivõtu- koha täpsustus
03.2015	09.2015	02.2016	10.2016		
2205;347;87	337;30	-	N-252;298;9	Rae vald, Harjumaa, Tallinn - Tartu mnt 17. km	ida poolne teekraav
1406;359;74	N-108;331;320	-	N-259;603;242	Rae vald, Harjumaa, Tallinn - Tartu mnt 17. km	lääne poolne teekraav
2224;350;7	N-207;537;314	-	-	Saku vald, Harjumaa, Juuliku peakraav	põhja poolt mnt.
1418;360;333	N-178;91;563	-	-	Saku vald, Harjumaa, Juuliku peakraav	lõuna poolt mnt.
2237;105;123	N-229;530;321	N-134;84;529	N-250;596;330	Jõelähtme vald, Harjumaa, Tallinn - Tartu mnt. 25. km	põhja poolne teekraav
2244;104;691	N-112;533;543	N-133;93;334	N-279;600;887	Jõelähtme vald, Harjumaa, Tallinn - Tartu mnt. 25. km	lõuna poolne teekraav
2305;356;91	N-146;549;562	-	N-247;538;547	Jõhvi vald, Ida-Virumaa, Kohtla-Järve peakraav	põhja pool mnt.
2198;337;129	N-171;683;66	-	N-146;528;952	Jõhvi vald, Ida-Virumaa, Kohtla-Järve peakraav	lõuna pool mnt.

Märkus. – proove ei võetud



Tabel 9 järg

Proovi nr				Proovivõttukoht	Proovivõtu- koha täpsustus
03.2015	09.2015	02.2016	10.2016		
2268;357;343	N- 176;79;448	N-231;97;2	-	Jõhvi vald, Ida- Virumaa, Kohtla-Järve peakraav	ida pool mnt.
2241;351;97	N- 161;691;580	N-239;80;445	-	Jõhvi vald, Ida- Virumaa, Kohtla-Järve peakraav	lääne pool mnt.
2220;107;70	N- 221;44;564	N-215;74;534	N- 281;591;586	Jõhvi vald, Ida- Virumaa, Kose oja	ida pool mnt.
2334;349;325	N- 137;542;424	N-108;60;101	N- 236;519;584	Jõhvi vald, Ida- Virumaa, Kose oja	lääne pool mnt.
2261;109;81	N- 167;559;585	N-227;82;684	N- 104;577;581	Tähtvere vald, Tartumaa, Jänese peakraav	põhja pool mnt.
2242;354;61	N- 135;532;80	N-122;78;79	N- 158;527;564	Tähtvere vald, Tartumaa, Jänese peakraav	lõuna pool mnt.
2116;352;685	N- 210;687;584	N-236;90;331	N- 135;521;538	Luunja vald, Tartumaa, Tartu - Räpina - Värskas mnt. 5. km	põhja poolne teekraav
2249;353;77	N- 226;689;558	N-229;86;535	N- 141;539;544	Luunja vald, Tartumaa, Tartu - Räpina - Värskas mnt. 5. km	lõuna poolne teekraav
2306;108;11	N- 143;544;346	-	N- 209;487;334	Ülenurme vald, Tartumaa, Tallinn - Tartu - Võru mnt. 186. km	lõuna poolne teekraav
2158;343;242	N- 209;339;75	-	N- 245;542;548	Ülenurme vald, Tartumaa, Tallinn - Tartu - Võru mnt. 186. km	põhja poolne teekraav
2272;363;314	N- 234;89;340	N- 171;115;683	N- 121;509;532	Harku vald, Harjumaa, Keila jõgi	põhja poolne teekraav
1427;380;686	N- 230;78;325	N- 110;119;544	N- 229;546;557	Harku vald, Harjumaa, Keila jõgi	lõuna poolne teekraav
2277;372;5	N- 111;685;531	N- 235;120;532	N- 108;512;558	Kernu vald, Harjumaa, Vasalemma jõgi	ida pool silda (16)
2280;369;316	N- 122;534;546	N- 149;116;313	N- 112;522;543	Kernu vald, Harjumaa, Vasalemma jõgi	lääne pool Kernu (14) silda
1346;381;341	N- 114;15;343	N-242;76;533	N- 137;514;339	Sauga vald, Pärnumaa, Tallinn - Pärnu - Ikla mnt. 116. km, Torni oja	ida pool
2221;384;690	N- 110;101;61	N- 247;828;333	N- 161;549;550	Sauga vald, Pärnumaa, Tallinn - Pärnu - Ikla mnt. 116. km, Torni oja	lääne pool

Märkus. – proove ei võetud

Tabel 9 järg

Proovi nr				Proovivõtukohas	Proovivõtu- koha täpsustus
03.2015	09.2015	02.2016	10.2016		
N-154;118;687	N-184;105;581	N-246;102;542	N-207;547;562	Tahkuranna vald, Pärnumaa, Tallinn - Pärnu - Ikla mnt. km 138	ida poolne teekraav
N-164;368;330	N-223;333;245	N-238;98;72	N-149;503;72	Tahkuranna vald, Pärnumaa, Tallinn - Pärnu - Ikla mnt. km 139	lääne poolne teekraav
1438;362;245	N-134;87;587	-	N-227;536;331	Audru vald, Pärnumaa, Pärnu - Lihula mnt 3. km	lääne poolne teekraav
2265;371;334	N-141;547;72	-	-	Audru vald, Pärnumaa, Pärnu - Lihula mnt 3. km	lõuna poolne teekraav
N-219;378;101	N-232;92;313	N-221;103;448	N-253;594;582	Saue vald, Harjumaa, Tallinn - Pärnu mnt., Vääna jõgi	lääne pool
2239;119;692	N-149;242;326	N-161;112;530	N-264;593;541	Saue vald, Harjumaa, Tallinn - Pärnu mnt., Vääna jõgi	ida pool
N-114;117;346	N-231;317;332	-	-	Saue vald, Harjumaa, TOP liiklussõlm	1. sademevee väljalask
N-140;374;323	N-158;23;334	-	-	Saue vald, Harjumaa, TOP liiklussõlm	3. sademevee väljalask
N-176;116;696	N-228;684;545	N-240;94;340	N-299;590;535	Saue vald, Harjumaa, TOP liiklussõlm	Pääsküla jõe suubuv toruots mnt. kõrval

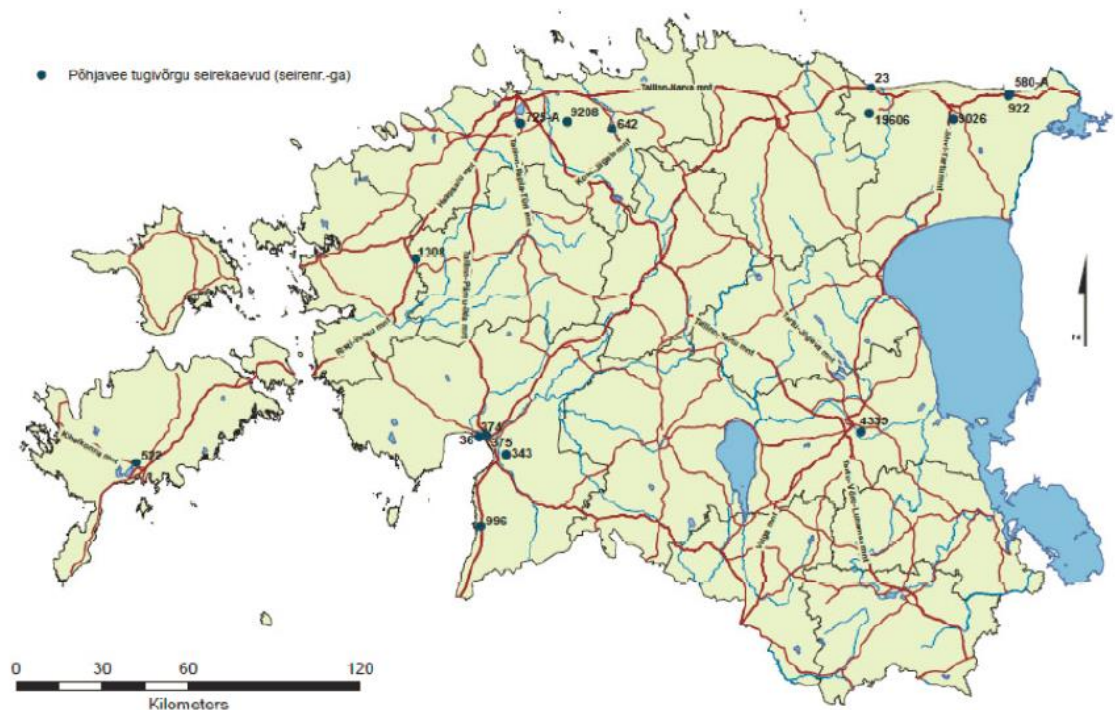
Märkus. – proove ei võetud

## 2.3 Põhjavee seire

Põhjavee tugivõrgu seire kuulub ühe alaprogrammina riiklikusse seireprogrammi. Põhjavee seisundi muutusi jälgitakse riiklikul vaatlusvõrgul, mis on koostatud vastavalt Euroopa Liidu veepoliitika raamdirektiivi nõudmistele ja katab Eesti erinevad põhjavee veekogumid. Põhjaveekogumite seire eesmärgiks on põhjavee keemilise seisundi ja kvantitatiivse seisundi määramine ja muutuste jälgimine. Põhjavee seire raames määratakse põhjaveeproovidest 1 kord aastas järgmised füüsikalise-keemilised näitajad:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}_{\text{üld}}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ja PHT. Proovivõtu ajal määratakse kohapeal põhjavee hapnikusisaldus, elektrijuhtivus ja pH. Põhjavee tugivõrgu seiret teostab Keskkonnaagentuuri haldamisel OÜ Eesti Geoloogiakeskus.

Seiretöö tegemisel lähtutakse seadusandlikest aktidest (veeseadus, keskkonnaseire seadus, keskkonnaregistri seadus, keskkonnaministri määrus nr 30 "Proovivõtumeetodid", määrus nr 75 „Põhjaveekogumite moodustamise kord ja nende põhjaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, põhjaveekogumite seisundiklassid, põhjaveekogumite seisundiklassidele vastavad keemiliste näitajate väärtused ja koguseliste näitajate tingimused, põhjavee kvaliteedi piirväärtused, põhjavee saasteainesisalduse läviväärtused ning põhjaveekogumi seisundiklassi määramise kord“ ja määrus nr 25 „Nõuded vesikonna veeseireprogrammide kohta“), veepoliitika raamdirektiivist 2000/60/EÜ ja selle seirejuhisest ning põhjaveekaitse direktiivist 2006/118/EÜ. Põhjaveekogumi keemilise seisundiklassi hindamisel lähtutakse keskkonnaministri määruses nr 75 toodud kvaliteedinäitajate väärtustest. (Keskkonnaagentuur)

Käesoleva magistritöö raames on vaatluse alla võetud Riigikontrolli aruandes „Teehooldetööd ja järelevalve nende üle“ (Riigikontroll 2012) äramärgitud 10 põhjavee tugivõrgu seirekaevu aastatel 2007-2016, mille asukohad on valitud võimalikult maanteele läheduses (vt joonis 5 ja tabel 10).



**Joonis 5.** Maanteele lähedal asuvad põhjavee seirekaevud (Riigikontroll 2012)

**Tabel 10.** Vaatlusaluste põhjavee seirekaevude asukohad (Keskkonnaagentuur 2016)

Mõõtekoht	Mõõtekoha nimetus	Mõõtekoha X-koordinaat	Mõõtekoha Y-koordinaat
23	Kõrgküla	6592330	666077
580-A	Sillamäe	6590251	714321
642	Kehra	6577974	575701
725-A	Männiku	6579909	543718
922	Sillamäe	6589404	714083
1308	Maidla	6532584	507106
4339	Tartu	6472247	662602
9026	Ahtme	6581360	694796
9208	Aruküla	6580514	560044
19606	Põhja-Kiviõli	6583405	665372

### 3 TULEMUSED JA ARUTELU

#### 3.1 Kloriidide sisaldus pinnases suuremate põhimaanteede ääres

Maanteeameti Keskkonnatalituse 2015. aasta kevadistes pinnase seire proovides (vt tabel 11) ei ületanud kloriidide sisaldus 30 mg/kg sõltumata proovivõtupunkti kaugusest sõiduteest. Sügisestes proovides ületas kloriidide sisaldus 30 mg/kg 2 proovis. Lehmja proovivõtukohas proov N3V2, vasakul, 20 m kaugusel sõidutee telgjoonest, 35 mg/kg kohta ning Jälgimäe proovivõtukohas proov N5P2, paremal, 20 m kaugusel sõidutee telgjoonest, 45 mg/kg kohta. Üheski 2015. aasta pinnase seire proovis ei ületanud kloriidide sisaldus pinnase üldist looduslikku fooni 100 mg/kg.

**Tabel 11.** Kloriidide sisaldused suuremate põhimaanteede äärses pinnases 2015. aastal

Proovi nr	Proovivõtukoha täpsustus	Proovivõtukoha nimi	Proovivõtu aeg	
			05.2015	09.2015
			Kloriidide sisaldus mg/kg	
N1P1	Paremal, 1m asfaldi servast	Nehatu	< 30	< 30
N1P2	Paremal, 20m telgjoonest		< 30	< 30
N1P3	Paremal, 50m telgjoonest		< 30	< 30
N1V1	Vasakul, 1m asfaldi servast		< 30	< 30
N1V2	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30	< 30
N1V3	Vasakul, 50m telgjoonest		< 30	< 30
N2P1	Paremal, 1m asfaldi servast	Ruu	< 30	< 30
N2P2	Paremal, 20m telgjoonest		< 30	< 30
N2P3	Paremal, 50m telgjoonest		< 30	< 30
N2V1	Vasakul, 1m asfaldi servast		< 30	< 30
N2V2	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30	< 30
N2V3	Vasakul, 50m telgjoonest		< 30	< 30
N3P1	Paremal, 1m asfaldi servast	Lehmja	< 30	< 30
N3P2	Paremal, 20m telgjoonest		< 30	< 30
N3P3	Paremal, 50m telgjoonest		< 30	< 30
N3V1	Vasakul, 1m asfaldi servast		< 30	< 30
N3V2	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30	35
N3V3	Vasakul, 50m telgjoonest		< 30	< 30
N4P1	Paremal, 1m asfaldi servast	Patika	< 30	< 30
N4P2	Paremal, 20m telgjoonest		< 30	< 30
N4P3	Paremal, 50m telgjoonest		< 30	< 30
N4V1	Vasakul, 1m asfaldi servast		< 30	< 30

Tabeli 11 järg

Proovi nr	Proovivõtukoha täpsustus	Proovivõtukoha nimi	Proovivõtu aeg	
			05.2015	09.2015
			Kloriidide sisaldus mg/kg	
N4V2	Vasakul, 20m telgjoonest	Patika	< 30	< 30
N4V3	Vasakul, 50m telgjoonest		< 30	< 30
N5P1	Paremal, 1m asfaldi servast	Jälgimäe	< 30	< 30
N5P2	Paremal, 20m telgjoonest		< 30	45
N5P3	Paremal, 50m telgjoonest		< 30	< 30
N5V1	Vasakul, 1m asfaldi servast		< 30	< 30
N5V2	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30	< 30
N5V3	Vasakul, 50m telgjoonest		< 30	< 30
N6P1	Paremal, 1m asfaldi servast	Pällu	< 30	< 30
N6P2	Paremal, 20m telgjoonest		< 30	< 30
N6P3	Paremal, 50m telgjoonest		< 30	< 30
N6V1	Vasakul, 1m asfaldi servast		< 30	< 30
N6V2	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30	< 30
N6V3	Vasakul, 50m telgjoonest		< 30	< 30

2016. aasta kevadistes proovides (vt tabel 12) ületas kloriidide sisaldus 30 mg/kg kohta 6 proovivõtukohas 8 proovis, peamiselt 1 meetri kaugusel asfaldist. Pinnase looduslikku kloriidide kontsentratsiooni ületas Tartu Ringtee 89 proovivõtukoha proov TP1 1264, 130 mg/kg, 1 meetri kaugusel asfaldist. Ülejäänud proovides jäi kloriidide sisaldus vahemikku 35-80 mg/kg.

**Tabel 12.** Kloriidide sisaldused suuremate põhimaanteed äärses pinnases 2016. aasta kevadel

Proovi nr	Proovivõtukoha täpsustus	Proovivõtukoha nimi	Proovivõtu aeg
			04.2016
			Kloriidide sisaldus mg/kg
JP1	Paremal, 1m asfaldi servast	Jälgimäe	70
JP2	Paremal, 20m telgjoonest		< 30
JP3	Paremal, 50m telgjoonest		< 30
JV1	Vasakul, 1m asfaldi servast		49
JV2	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30
JV3	Vasakul, 50m telgjoonest		< 30
PP1	Paremal, 1m asfaldi servast	Sauga	59
PP2	Paremal, 20m telgjoonest		< 30
PP3	Paremal, 50m telgjoonest		< 30
PV1	Vasakul, 1m asfaldi servast	Nurme	< 30
PV2	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30

Tabeli 12 järg

Proovi nr	Proovivõtukoha täpsustus	Proovivõtukoha nimi	Proovivõtu aeg
			04.2016
			Kloriidide sisaldus mg/kg
PV3	Vasakul, 50m telgjoonest	Nurme	< 30
KP1	Paremal, 1m asfaldi servast	Kangru	< 30
KP2	Paremal, 20m telgjoonest		< 30
KP3	Paremal, 50m telgjoonest		< 30
KV1	Vasakul, 1m asfaldi servast		80
KV2	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30
KV3	Vasakul, 50m telgjoonest		< 30
MP1	Paremal, 1m asfaldi servast	Tammemäe	42
MP2	Paremal, 20m telgjoonest		< 30
MP3	Paremal, 50m telgjoonest		< 30
MV1	Vasakul, 1m asfaldi servast	Männiku	< 30
MV2	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30
MV3	Vasakul, 50m telgjoonest		35
TP1 1264	Paremal, 1m asfaldi servast	Tartu, Ringtee 89	130
TP2 1266	Paremal, 20m telgjoonest		< 30
TP3 1395	Paremal, 50m telgjoonest		< 30
TV1 1475	Vasakul, 1m asfaldi servast		59
TV2 1479	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30
TV3 1482	Vasakul, 50m telgjoonest		< 30

Sügisestes proovides (vt tabel 13) ületas kloriidide sisaldus 30 mg/kg 2 proovis. Rannamõisa tee proovivõtukohas proov TaP2, paremal, 20 m kaugusel sõiduteest, 80 mg/kg ning Laabi proovivõtukohas proov HP3, paremal, 50 m kaugusel sõiduteest, 310 mg/kg, ületades kolmekordselt ka pinnase kloriidide sisalduse üldist looduslikku fooni 100 mg/kg.

**Tabel 13.** Kloriidide sisaldused suuremate põhimaanteed äärses pinnases 2016. aasta sügisel

Proovi nr	Proovivõtukoha täpsustus	Proovivõtukoha nimi	Proovivõtu aeg
			09.2016
			Kloriidide sisaldus mg/kg
TaP2	Paremal, 20m telgjoonest	Rannamõisa tee 14C	80
TaP3	Paremal, 50 m telgjoonest		< 30
TaV1	Vasakul, 1m asfaldi servast		< 30
TaV2	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30
TaV3	Vasakul, 50m telgjoonest		< 30

Tabeli 13 järg

Proovi nr	Proovivõtukoha täpsustus	Proovivõtukoha nimi	Proovivõtu aeg
			09.2016
			Kloriidide sisaldus mg/kg
KJP1	Paremal, 1m asfaldi servast	Meremõisa	< 30
KJP2	Paremal, 20m telgjoonest		< 30
KJP3	Paremal, 50m telgjoonest		< 30
KJV1	Vasakul, 1m asfaldi servast		< 30
KJV2	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30
KJV3	Vasakul, 50m telgjoonest		< 30
KP1	Paremal, 1m asfaldi servast	Kumna	< 30
KP2	Paremal, 20m telgjoonest		< 30
KP3	Paremal, 50m telgjoonest		< 30
KV1	Vasakul, 1m asfaldi servast		< 30
KV2	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30
KV3	Vasakul, 50m telgjoonest		< 30
HP1	Paremal, 1m asfaldi servast	Laabi	< 30
HP2	Paremal, 20m telgjoonest		< 30
HP3	Paremal, 50m telgjoonest		310
HV1	Vasakul, 1m asfaldi servast		< 30
HV2	Vasakul, 20m telgjoonest		< 30
HV3	Vasakul, 50m telgjoonest		< 30

Kokku võeti aastatel 2015-2016 125 pinnaseproovi, millest 113 proovi (90%) kloriidide sisaldus jäi alla 30 mg/kg, 10 proovi (8%) kloriidide sisaldus jäi vahemikku 35-80 mg/kg ning 2 proovi (2%) kloriidide sisaldus ületas pinnase kloriidide sisalduse üldist fooni 100 mg/kg. Huvitav on asjaolu, et 2015. aasta proovidest leiab suuremaid kloriidide koguseid sügisel, kuid üldiselt on tegemist siiski väikese erinevusega võrreldes kevadiste proovidega (35 ja 45 mg/kg võrreldes <30 mg/kg). 2016. aasta proovidest leiab ootuspäraselt kvantitatiivselt suuremad kloriidide kogused kevadistest proovidest, kuid sügisestes proovides äratub tähelepanu Laabi proovivõtukoha proov HP3 kloriidide sisaldusega 310 mg/kg.

Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituudis tehtud uuringute kohaselt ulatub teesoola keskkonnamõju 20-30 m kaugusele teest (Hääl 2002). Rootsi uurijad on leidnud suurimad soolade kogused 10 m kaugusel teest, kuid ohtu taimestikule arvestavad kuni 100 m kauguseni (Blomqvist, Johansson 1999). Eelnevaid seisukohti on võimalik mingil määral kinnitada ka Maanteeameti Keskkonnatalituse seireandmete analüüsi tulemuste põhjal. Kuigi suurimad kloriidide sisaldused fikseeriti 1 m kaugusel sõidutee servast, leiti



kloriidide kasutamise järgi ka kahes mõõtmiskohas 20 m kaugusel sõiduteest ning ühel juhul 50 m kaugusel sõiduteest, kus kloriidide sisalduse näitaja oli suurim, koguni 310 mg/kg.

On teada, et taimed võtavad mullast mineraalsooli ja vett. Pinnases oleva vee soolasisalduse muutusel liiga suureks, takistub lõpuks täielikult vee liikumine taime, nii et taim lõpuks kuivab. NaCl kontsentratsiooni puhul mullas üle 0,6% (6000 mg/kg), lakkab taimedel igasugune vee imamine mullast. Lisaks pole mulla mikroorganismid kohastunud elama suure soolusega pinnases. Bakterid ja teised mulla organismid hävivad. Kuna viimased on olulised orgaanilise aine tekitajad, häirub mulla teke. Mulla sõmraline struktuur kaob, muld tiheneb, mulla vee ja õhusisaldus väheneb, mis lõpuks oluliselt mõjutab mulla viljakust. Viimase vähenemisega halvenevad ka taimede kasvutingimused. (TÜLO)

2015. ja 2016 aasta Maanteeameti Keskkonnatalituse pinnase seire tulemustes ei ületata mulla kriitilist kloriidide sisaldust 6000 mg/kg kohta üheski mõõtekohas, veelenam pole proovide tulemused ligilähedasedki kriitilisele kontsentratsioonile. Pinnase kloriidide sisalduse looduslikku fooni 100 mg/kg ületati ainult 2 proovis, ning needki tulemused olid 20 korda väiksemad kriitilisest tasemest. Nii võiks petlikult arvata, et teesoolade kasutamisel erilist mõju pinnasele ja sealtkaudu taimestikule ning looduskeskkonnale ei avaldu.

Kloriidide sisaldused mullas varieeruvad ajaliselt aastate ja vegetatsiooniperioodide lõikes. Kloriidide väljauhtumine oleneb nii mulla huumusesisaldusest kui ka kliimaatilistest tingimustest. Maanteeameti Keskkonnatalituse pinnase seire kevadised proovid võeti 2015. aastal mai kuus ning 2016. aastal aprilli lõpus. See tähendab, et sisuliselt võeti proovid peale kevadist lumesulamisperioodi, mistõttu ei saa proovide tulemusi hinnata adekvaatselt, kuna eeldatavasti on kloriidid selleks ajaks juba pinnasest välja uhutud. Nii võiks omakorda ekslikult järeldada, et kuna kloriidid on väga liikuvad, imuvad lume- ja jäasulamisvetest kiiresti pinnasesse ning sealt edasi pinna- ja põhjavette, on teesoolamisest tingitud kloriidide sisaldus pinnases küllaltki lühiajaline ja keskkonnamõju mullale seega tühine.

Vaatamata sellele, et mulla mõningane ajutine kõrgem kloriidide sisaldus enamasti taimi ei kahjusta, osutub kloriidide liigne sisaldus mullas tihti kahjulikuks seetõttu, et kloriidide väljauhtumisega leostub koos kloriidioonidega ekvivalentses koguses katioonseid toiteelemente – kaltsiumi, magneesiumi, kaaliumi ja naatriumi. Nii halvenevad taimekasvuks vajalikud tingimused. (Hääl 2003)

Käesoleva magistritöö autori hinnangul pole praeguse meetoodika kasutamine Maanteeameti Keskkonnatalituse pinnase seire läbiviimiseks ja pinnaseproovide analüüs piisavalt informatiivne. Proove tuleks võtta fikseeritud proovivõtukohtadest tihedamalt kui ainult kaks korda aastas - kevadel ja sügisel. Praegu võetakse proove ja valitakse proovivõtukohtasid küllaltki ebakorrapäraselt, vajalik on ühtede ja samade fikseeritud proovivõtukohtade kasutamine igal aastal. Saamaks selgemat pilti lume- ja libedusetõrje kloriidide sattumisest pinnasesse - kogustest ja mõjuulatusest ning edasiliikumisest - tuleks proove võtta kogu talihooldeperioodi vältel (oktoober – aprill) vähemalt üks kord kuus.

### **3.2 Sademevee kloriidide sisaldus suuremate põhimaanteede äärsetes veevastuvõtjates**

Maanteeameti Keskkonnatalituse sademevee seire 2015-2016 aastate proovides ei ületanud kloriidide sisaldus üheski joogivee reostusnäitajatele kehtestatud piirmäära 250 mg/l. Kokku võeti aastatel 2015-2016 113 sademeveeproovi (vt tabel 14).

2015. aasta kevadistes proovides tuvastati kõige väiksem kloriidide sisaldus Vasalemma jõest võetud proovides, kus vastav näitaja jäi alla 3 mg/l. Kõige suurem kloriidide sisaldus tuvastati TOP liiklussõlme 1. sademevee väljalaskest võetud proovis, kus vastav näitaja oli 160 mg/l. Kõigi 2015. aasta kevadel võetud proovide keskmine kloriidide sisaldus oli 50 mg/l.

2015. aasta sügisestes proovides tuvastati kõige väiksemad kloriidide sisaldused Vasalemma jõest ja Tornio oja võetud proovides, kus vastav näitaja jäi alla 3 mg/l. Kõige suurem kloriidide sisaldus tuvastati Pärnu – Lihula maantee 3. km teekraavidest võetud proovides, lääne poolses teekraavis oli vastav näitaja 210 mg/l kohta ja ida poolses

teekraavis oli vastav näitaja 200 mg/l. Kõigi 2015. aasta sügisel võetud proovide keskmine kloriidide sisaldus oli 34 mg/l.

2016. aasta kevadistes proovides tuvastati kõige väiksem kloriidide sisaldus taaskord Vasalemma jõest võetud proovides, kus vastav näitaja jäi alla 3 mg/l. Kõige suurem kloriidide sisaldus tuvastati Tartu – Räpina – Värskas maantee 5. km proovivõtukohas ja Jänese peakraavi proovivõtukohas võetud proovides, kus kloriidide sisalduse näitajad olid vastavalt 210 mg/l ja 200 mg/l. Kõigi 2016. aasta kevadel võetud proovide keskmine kloriidide sisaldus oli 64 mg/l.

2016. aasta sügisest proovides tuvastati kõige väiksemad kloriidide sisaldused Jänese lõunapoolsest peakraavist, Tartu – Räpina – Värskas maante 5. km põhjapoolsest teekraavist, Tallinn – Pärnu – Ikla maantee 138. km idapoolsest teekraavist ning Pärnu – Lihula maantee 3. km lõunapoolsest teekraavist võetud proovides, kus vastav näitaja oli 3 mg/l. Kõige suurem kloriidide sisaldus tuvastati Kose oja idapoolses proovis, kus vastav näitaja oli 150 mg/l. Kõigi võetud proovide keskmine kloriidide sisaldus oli 18 mg/l.

2016. aasta kevadiste proovide kloriidide sisalduse keskmine suurenemine 50 mg/l - 64 mg/l võrreldes 2015. aasta kevadiste proovidega on seletatav proovivõtu ajastusest. Nimelt 2015. aastal võeti kevadised proovid märtsi lõpus, samas kui 2016. aastal võeti proovid veebruaris, mis on veel korralik talvekuu, ning kus seetõttu kasutatakse ka rohkem teesoolasid kui märtsis.

**Tabel 14.** Kloriidide sisaldus suuremate põhimaanteedes äärsetes veevastuvõtjates

Proovivõtukoht	Proovivõtukoha täpsustus	Proovivõtu aeg			
		03.2015	09.2015	02.2016	10.2016
		Kloriidide sisaldus mg/l			
Rae vald, Harjumaa, Tallinn - Tartu mnt 17. km	ida poolne teekraav	4	17	99	22
Rae vald, Harjumaa, Tallinn - Tartu mnt 17. km	lääne poolne teekraav	11	17	110	21
Saku vald, Harjumaa, Juuliku peakraav	põhja poolt mnt.	31	17	-	-
Saku vald, Harjumaa, Juuliku peakraav	lõuna poolt mnt.	31	18	-	-
Jõelähtme vald, Harjumaa, Tallinn - Tartu mnt. 25. km	põhja poolne teekraav	6	24	59	27

Märkus. – analüüse ei teostatud

Tabeli 14 järg

Proovivõtukoht	Proovivõtukoha täpsustus	Proovivõtu aeg			
		03.2015	09.2015	02.2016	10.2016
		Kloriidide sisaldus mg/l			
Jõelähtme vald, Harjumaa, Tallinn - Tartu mnt. 25. km	lõuna poolne teekraav	5	24	44	45
Jõhvi vald, Ida-Virumaa, Kohtla-Järve peakraav	põhja pool mnt.	6	24	-	11
Jõhvi vald, Ida-Virumaa, Kohtla-Järve peakraav	lõuna pool mnt.	6	24	-	10
Jõhvi vald, Ida-Virumaa, Kohtla-Järve peakraav	ida pool mnt.	23	24	9	-
Jõhvi vald, Ida-Virumaa, Kohtla-Järve peakraav	lääne pool mnt.	23	24	9	-
Jõhvi vald, Ida-Virumaa, Kose oja	ida pool mnt.	82	26	52	150
Jõhvi vald, Ida-Virumaa, Kose oja	lääne pool mnt.	82	24	40	11
Tähtvere vald, Tartumaa, Jänese peakraav	põhja pool mnt.	133	7	200	4
Tähtvere vald, Tartumaa, Jänese peakraav	lõuna pool mnt.	120	6	200	3
Luunja vald, Tartumaa, Tartu - Räpina - Värskas mnt. 5. km	põhja poolne teekraav	120	6	210	3
Luunja vald, Tartumaa, Tartu - Räpina - Värskas mnt. 5. km	lõuna poolne teekraav	110	6	200	4
Ülenurme vald, Tartumaa, Tallinn - Tartu - Võru mnt. 186. km	lõuna poolne teekraav	120	6	-	11
Ülenurme vald, Tartumaa, Tallinn - Tartu - Võru mnt. 186. km	põhja poolne teekraav	120	6	-	11
Harku vald, Harjumaa, Keila jõgi	põhja poolne teekraav	5	8	8	<20
Harku vald, Harjumaa, Keila jõgi	lõuna poolne teekraav	5	7	7	11
Kernu vald, Harjumaa, Vasalemma jõgi	ida pool silda (16)	<3	<3	<3	4
Kernu vald, Harjumaa, Vasalemma jõgi	lääne pool Kernu (14) silda	<3	<3	<3	4
Sauga vald, Pärnumaa, Tallinn - Pärnu - Ikla mnt. 116. km, Torni oja	ida pool	5	5	7	4
Sauga vald, Pärnumaa, Tallinn - Pärnu - Ikla mnt. 116. km, Torni oja	lääne pool	4	<3	7	4
Tahkuranna vald, Pärnumaa, Tallinn - Pärnu - Ikla mnt. km 138	ida poolne teekraav	14	23	7	3

Märkus. – analüüse ei teostatud

Tabeli 14 järg

Proovivõtukohat	Proovivõtukoha täpsustus	Proovivõtu aeg			
		03.2015	09.2015	02.2016	10.2016
		Kloriidide sisaldus mg/l			
Tahkuranna vald, Pärnumaa, Tallinn - Pärnu - Ikla mnt. km 139	lääne poolne teekraav	16	25	6	4
Audru vald, Pärnumaa, Pärnu - Lihula mnt 3. km	lääne poolne teekraav	100	210	-	3
Audru vald, Pärnumaa, Pärnu - Lihula mnt 3. km	lõuna poolne teekraav	100	200	-	-
Saue vald, Harjumaa, Tallinn - Pärnu mnt., Vääna jõgi	lääne pool	12	18	16	21
Saue vald, Harjumaa, Tallinn - Pärnu mnt., Vääna jõgi	ida pool	13	17	16	21
Saue vald, Harjumaa, TOP liiklussõlm	1. sademevee väljalask	160	110	-	-
Saue vald, Harjumaa, TOP liiklussõlm	3. sademevee väljalask	46	80	-	-
Saue vald, Harjumaa, TOP liiklussõlm	Pääsküla jõkke suubuv toruots mnt. kõrval	37	26	31	27
	Keskmine väärtus	50	34	64	18

Märkus. – analüüse ei teostatud

Kuigi seireandmeid on vaid kahe aasta kohta, võiks Maanteeameti Keskkonnatalituse sademevee seire andmete põhjal olla tõestatud talvise lume- ja libedusetõrje teesoolade jõudmine looduskeskkonda, mida ilmestavad hästi kaitsealustesse veekogudesse suubuvate tee peakraavide kevadiste proovide suuremad kloriidide kontsentratsioonid võrreldes sügiseste proovidega. Pärast talihooldeperioodi lõppu kloriidide kontsentratsioonid vähenevad, kuna teesoola juurde ei puistata, ning olemasolevad kloriidioonid kas imuvad läbi kraavipõhja pinnasesse või liiguvad sademeveega koos edasi ojadesse ja jõgedesse.

Eesti riikliku välisõhu seire allprogrammi sademete keemia seire (Keskkonnaagentuur) 2015-2016 aasta andmete põhjal olid sademete keskmised kloriidide sisaldused märtsist novembrini 1 mg/l ning talvekuudel detsembrist veebruarini 2 mg/l, samas kui Maanteeameti Keskkonnatalituse sademevee seirete aasta keskmised jäid vahemikku 18-64 mg/l.

Huvitav tähelepanek ilmneb mõnes väiksema kloriidide kontsentratsiooniga proovide kevad-sügisese võrdluses, näiteks Kohtla-Järve peakraavi ja Tallinna – Tartu maantee 25. km teekraavi proovid, kus kloriidide sisaldus sügiseks hoopis mõnevõrra suureneb. Antud juhul võib oletada, et nendes konkreetsetes proovivõtukohtades on kraavid hästi kindlustatud, ning takistatud on sademevee pinnasesse imbumine. Samal ajal võib olla tegemist lokaalsete lohkudega kraavis, kust vesi ka edasi ei voola, vaid seisab ning tänu vee aurustumisele atmosfääri, proovivõtukohtas kloriidide kontsentratsioon hoopis suureneb.

Teedelt ja tänavatelt ärajuhitav sademevesi sisaldab suures koguses heljumit, naftaprodukte ning ohtlikke aineid, peamiselt raskemetalle (MNT 2016). Kuna raskemetallide sisaldused on korrelatsioonis kloriidide sisaldusega, kloriidid ise on väga liikuvad, kiirendavad nad raskemetalliühendite transporti looduskeskonda. Sademevee mõju veekogule sõltub sademevee kogusest ja koostisest, veekogumi seisundist ning eesvoolu tundlikkusest. Erilist tähelepanu väärib sadevete juhtimine kaitstavatesse veekogudesse ja elupaikadesse, sealhulgas joogiveeallikatesse. (Hääl 2009)

Praeguse liiklusköormuse järgi võib hinnata maanteede sademeveelasud vähe tähtsa punktiköormusallikana, sest pinnaveekogumite valgalad on reeglina suured ja maanteede asfaltpinnad jäävad alla 5% valgalast (Infragate 2013). Magistritöö autori hinnangul tuleks aga Maanteeameti Keskkonnatalituse sademevee seire programmi metoodikat täiustada. Praegu pole selge, kui suur osa sademevees sisalduvatest kloriididest imbub läbi kraavipõhja pinnasesse ja sealt edasi põhjavette, kui suur osa liigub sademeveega mööda kraave edasi pinnaveekogudesse, jõgedesse ja ojadesse. Sel põhjusel tuleks rajada sademevee seirepunktidesse lisaks ka pinnase seirepunktid. Samuti tuleks suurendada proovide võtmise tihedust kahelt korralt aastas vähemalt ühele korrale kuus vahemikus oktoober-aprill (talihooldeperiood).

Kokkukogutava sademevee kõikidele piirnormidele absoluutse vastavuse tagamine igal ajahetkel on äärmiselt kallis ja ilmselt ka võimatu, aga rakendada tuleks asjakohaseid meetmeid vähendamaks sademeveekoormust pinnaveele. Keskkonnamõju vähendavate lahenduste rajamine oleks mõistlik teede ja tänavate rekonstrueerimise käigus, mis võiks olla eraldi eesmärgiks ka Teede arengukavas.

Liiklussõlmede sademevete kogumise ja osalise puhastamise uuringu (AS Kobras ja AS Maves 2012-2013) andmetest lähtuvalt ettepanek sademevee osalise puhastamise lahenduse osas – rakendada maksimaalselt puhverkraave ja puhverribasid sademeveekoormuse vähendamiseks eesvooludele. Selleks oleks kõige mõistlikum kindlustada teekraavide seinad vähetundliku taimestikuga, pikendamaks pindmist äravoolu ning kraavi põhjas kasutada jämedat killustikku. 20 m enne teekraavi suubumist veevastuvõtjasse tuleks rajada 7-meetrise vahedega kolm kividest laotud tammi kõrgusega 2/3 kraavi sügavusest. Kuigi selline lahendus ei takista kloriidide liikumist pinnavette, aitab see rahustada veevoolu, hoiab kinni heljumit ning selle küljes olevaid raskemetalle. Lisaks kleepub võimalik naftasaadus tammi kivimaterjalile.

Muidugi tuleb kraave ka perioodiliselt kontrollida ja puhastada, kuna setete täiskandumisel võivad need osutada eri vooluhulkade juures ise vee koormusallikaks ning puhastusefekti ei toimuks. Kaitsmata põhjaveega aladel ning lähedal asuvate maapinnalähedast põhjavett kasutatvate kaevude olemasolul tuleb kogumissüsteemid ja puhastussüsteemid rajada vettpidavad. Juhtides teelt koguneva sademevee äravoolukraavide ja drenitorudega pinnavette, väheneb ühtlasi ka kloriidide sattumine põhjavette.

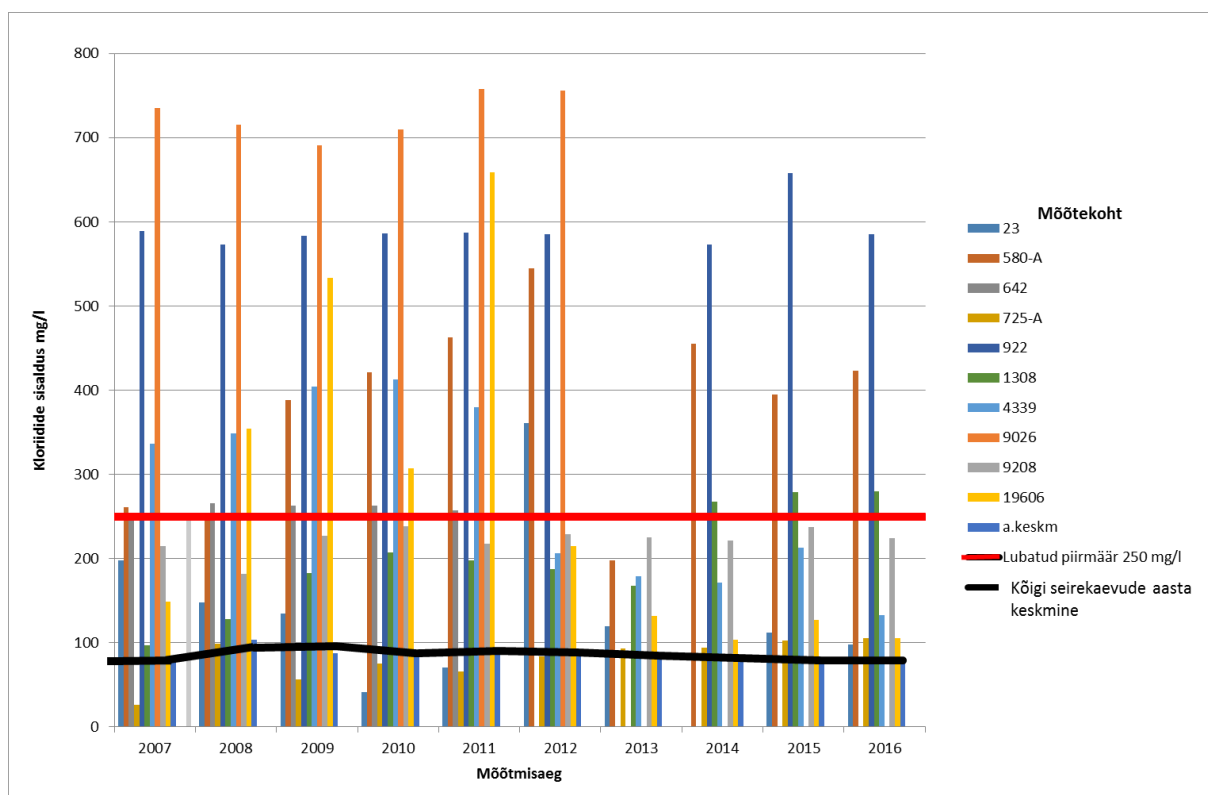
### **3.3 Kloriidide sisaldus maanteeäärsetes põhjavee seirekaevudes**

Aastatel 2007-2016 teostati perioodil juuli-oktoober 10 maanteelähedases põhjavee tugivõrgu seirekaevus 89 põhjavee kloriidide sisalduse mõõtmist (vt tabel 15 ja joonis 6). Vaatlusaluste seirekaevude 10 aasta proovide keskmine kloriidide sisaldus oli 298 mg/l kohta, ületades joogiveele kehtestatud piirnormi 250 mg/l, samas kui kõigi põhjavee tugivõrgu seirekaevude 10 aasta keskmine kloriidide sisaldus oli 86 mg/l ning looduslikes tingimustes jääb põhjavee kloriidide sisaldus 2-20 mg/l (Hääl 2009).

Vaatlusaluste mõõtekohtade 10 aasta keskmine kloriidide sisaldus oli suurem joogiveele kehtestatud piirnormist 250 mg/l 6 seirekaevus: 580-A Sillamäe, 380 mg/l; 642 Kehra, 260 mg/l; 922 Sillamäe, 591 mg/l; 4339 Tartu, 278 mg/l; 9026 Ahtme, 728 mg/l; 19606 Põhja-Kiviõli, 269 mg/l. Perioodil 2012-2016 ei teostatud igaaastaseid mõõtmisi järjepidevalt mõõtekohtades 23 Kõrgküla, 642 Kehra, 922 Sillamäe ning 9026 Ahtme, mistõttu

vaatlusperioodi viimaste aastate keskmised tulemused oleksid võinud kõigi ärajäänud mõõtmiste arvelt olla mõnevõrra kõrgemad.

Joogiveele kehtestatud piirnormi ei ületatud mõõtekohtades 725-A Männiku ja 9208 Aruküla ühelgi vaatlusalusel aastal. Mõõtetulemuste poolest eristuvad teistest aasta 2013, mil kõik mõõtetulemused jäid allapoole joogiveele kehtestatud piirnormi 250 mg/l ja aasta 2016, mil kõigi vaatlusaluste mõõtekohtade keskmine kloriidide sisaldus jäi allapoole joogiveele kehtestatud piirnormi.



**Joonis 6.** Maanteelähedaste põhjavee seirekaevude kloriidide sisaldus aastatel 2007-2016



**Tabel 15.** Maanteelähedaste põhjavee seirekaevude kloriidide sisaldus aastatel 2007-2016

Mõõtekoht	Mõõtekoha nimetus	Mõõtmisaeg										
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Keskmine
		Kloriidide sisaldus mg/l										
23	Kõrgküla	198	148	135	41	71	<b>361</b>	120	-	112	98	143
580-A	Sillamäe	<b>261</b>	<b>253</b>	<b>388</b>	<b>421</b>	<b>463</b>	<b>545</b>	198	<b>455</b>	<b>395</b>	<b>423</b>	<b>380</b>
642	Kehra	<b>251</b>	<b>266</b>	<b>263</b>	<b>263</b>	<b>257</b>	-	-	-	-	-	<b>260</b>
725-A	Männiku	26	99	56	75	66	84	93	94	103	105	80
922	Sillamäe	<b>589</b>	<b>573</b>	<b>583</b>	<b>586</b>	<b>587</b>	<b>585</b>	-	<b>573</b>	<b>658</b>	<b>585</b>	<b>591</b>
1308	Maidla	97	128	183	207	198	187	168	<b>268</b>	<b>279</b>	<b>280</b>	<b>200</b>
4339	Tartu	<b>336</b>	<b>349</b>	<b>404</b>	<b>413</b>	<b>380</b>	206	179	171	213	133	<b>278</b>
9026	Ahtme	<b>735</b>	<b>715</b>	<b>691</b>	<b>710</b>	<b>758</b>	<b>756</b>	-	-	-	-	<b>728</b>
9208	Aruküla	215	182	227	238	218	229	225	221	237	224	222
19606	Põhja-Kiviõli	149	<b>354</b>	<b>533</b>	<b>307</b>	<b>659</b>	215	132	104	127	105	<b>269</b>
Vaatlusaluste seirekaevude aasta keskmine		<b>286</b>	<b>307</b>	<b>346</b>	<b>326</b>	<b>366</b>	<b>352</b>	159	<b>269</b>	<b>266</b>	244	-
Kõigi põhjavee seirekaevude aasta keskmine		84	104	88	87	93	84	85	79	80	78	86

Märkused: 1. Rasvases kirjas väärtused tähistavad joogiveele kehtestatud piirnormi 250 mg/l ületamist

2. Analüüse ei teostatud

Järeldäringust Keskkonnaministeeriumile (Riigikontroll 2012) selgub, et vaatluse alla võetud maanteede lähedal asuvate seirepuurkaevude kõrgendatud kloriidide sisaldus ei ole põhjustatud mitte teehooldel kasutatavatest kloriididest, vaid merevee intrusioonist või aluskorra soolase vee intrusioonist põhjaveekihti. Merevee mõju põhjaveekihile iseloomustavad näiteks Pärnumaal ja Saaremaal asuvad puurkaevud, kristalliinse aluskorra soolade mõju on vaadeldav aga Tartumaa ja Ida-Virumaa kaevudes, välja arvatud Sillamäe linnas, kus on täiendav merevee sissetung põhjaveekihti.

Kloriidide sisaldus välja valitud maanteeäärsetes põhjavee seirekaevudes on olnud kõrge juba nende rajamise ajal, ning hilisem kloriidide sisalduse tõus on tingitud põhjavee tarbimise intensiivsusest ja sellest põhjustatud depressioonilehtri ulatusest, mitte teehoides kasutatavatest kloriididest. Teede talvise teehoiduse mõju keskkonnale avaldub maapinnalähedase põhjavee keemilise koostise muutumises. Sügavates puurkaevudes võib olla suhteliselt palju kloriide, sügaval lasuvates veekihtides on kõrgenenud kloriidide sisaldused looduslikku päritolu, rannikualal ka merevee mõju näitajad.

Seetõttu pole olemasolevaid maanteelähedasi põhjavee seirekaevusid võimalik teesoolade keskkonnamõju hindamiseks kasutada. Jäätõrjekemikaalide mõju täpsemaks hindamiseks on vajalik teada suurema koormusega teelõikudel ( $\geq 15\,000$  autot/õõpäevas) ja põhjavee kaitsmata toitealadel aastas teehoidel kasutatavaid kemikaalide koguseid, mille põhjal saab teha üldistusi, kontrollides teeäärsete spetsiaalselt selleks otsatarbeks rajatud madalate maapinnalähedast põhjavett kasutavate alla 10 meetri sügavuste vaatluspuurkaevude veekeemiat. Proove tuleks võtta sagedamini kui üks kord aastas, optimaalne võiks olla proovide võtmine üks kord kuus, saamaks selgust kloriidide jõudmisest põhjavette ning võimalikust edasiliikumisest või püsijäämisest. Vajalik on vastav kokkulepe teehoidajatega kasutatavate soolakoguste andmete saamiseks konkreetsetes lõikudes.

### 3.4 Järeldused ja ettepanekud

Käesoleva magistritöö autori arvates pole olemasolevate Maanteeameti Keskkonnatalituse pinnase- ja sademeveeseirete praegu kasutatav meetodika piisav riigimaanteede teehooldetöödel lume- ja libedusetõrjeks kasutatavate kloriidide keskkonnamõju adekvaatseks hindamiseks. Põhjavee tugivõrgu seirekaevud aga ei sobi oma asukoha ja sügavuse tõttu teesoolade keskkonnamõju hindamiseks üldse, kuna nende kloriidide sisaldus on põhjustatud eelkõige merevee või aluskorra soolase vee intrusioonist põhjaveekihti.

Siiski on olemasolevate seireandmete põhjal teatud üldistusi teesoolade keskkonnamõju ulatusest võimalik teha. Kuigi Maanteeameti Keskkonnatalituse sademevee seireproovide tulemused ei ületa joogiveele kehtestatud kloriidide reostusnäitajate piirnorme, ületatakse siiski pinnase ja sademevee proovides kloriidide sisalduse looduslikke kontsentratsioone. Et põhiproovid on võetud ühekordselt talihooldeperioodi lõpus, mil lumesulamisveega võivad kloriidid olla juba edasi liikunud, ei pruugi näitajad olla maksimaalsed ning jääb oht, et soolatamishooaja keskel ületatakse ikkagi ka joogivee reostusnäitajatele lubatud piirnorme.

Keskmiselt kasutatakse Eesti riigimaanteedel talihooldetööde käigus kloriide 35 000 tonni aastas (Riigikontroll 2012). Soolatatavate riigimaanteede (peamiselt põhi- ja tugimaanteed) pikkuseks on ligikaudu 4 000 km ja seega võiks tinglikult öelda, et Eesti riigimaanteedel kasutatakse lume- ja libedusetõrjeks kloriide keskmiselt 8 tonni/km aastas. Pinnavee äravoolu puudumisel ning arvestades, et sademetest infiltreerub põhjavette aastas 200 mm (AS Kobras ja AS Maves), oleks teesoola kasutamisel 8 tonni/km 50 m laiusel teemaal aastas moodustuvast põhjaveekihi kloriidide kontsentratsioon 488 mg/l, mis ületaks joogivee reostusnäitajale kehtestatud piirmäära ligi kahekordselt.

Eesti teedel on enamasti aga sademeveekraavid ning juhtides teedelt koguneva sademevee äravoolukraavidega pinnavette, väheneb kloriidide sattumise võimalus põhjavette oluliselt. Pinnaveekogude puhul võib teesoola mõju osutada oluliseks väikeste veekogude puhul, kui soolatatava tee veekogumisala moodustab rohkem kui 10% suublaks oleva pinnavee

valgalast. Enamasti on pinnaveekogumite valgalad suured ja maanteele asfaltpinnad jäävad alla 5% valgalast (Infragate 2013).

Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituudi uuringute (Hääl 2009) kohaselt kantakse 20-60% teedel kasutatud jäätumisvastaseid sooli õhuga 2-40 m kaugusele maapinnale. Et Maanteeameti Keskkonnatalituse pinnase- ja sademeveeseireid teostatakse praegu üksteisest eraldi ning liiga väikese sagedusega, pole selge, kui suur osa teesooladest ladestub pinnasesse, kui suur osa liigub pinna- või põhjavette ning kas keskkonnakahjustused on ajutised või püsiva iseloomuga. Vajalik on kompleksse seiresüsteemi kasutuselevõtmine. Suure liiklussagedusega liiklusmagistraalide ( $\geq 15\,000$  autot/ööpäevas) ning põhjavee kaitsmata toitealaga piirkondades tuleks rajada spetsiaalsed fikseeritud seirepunktid, kus mõõdetakse korraga nii pinnase, sademevee kui ka põhjavee keemilisi näitajaid, mõõtetihedusega vähemalt üks kord kuus talihooldeperioodil ehk ajavahemikul oktoober-aprill. Komplekssed seirepunktid oleks mõistlik rajada praegustesse sademeveeseire punktidesse, lisades pinnaseproovide võtmise ning ehitades maapinnalt esimese põhjaveekihi jälgimiseks alla 10 m sügavusi vaatluspuurkaeve.

Vajalik on Keskkonna- ja Majandusministeeriumi ühine koostöö, kaardistamaks Eestis olevad põhjavee kaitsmata alad, mida läbivad riigiteed ning kus toimub teehooldetööde raames korrapärane lume- ja libedusetõrje kloriidide kasutamine. Tuleb välja töötada riskihindamise põhimõtted ja koostada arengukava libedusetõrje negatiivse mõju ennetamiseks ja likvideerimiseks. Vastavalt konkreetsele olukorrale oleks seejärel võimalik otsustada, kas piisab soolakoguste piiramisest, tuleks kasutada alternatiivseid libedusetõrjematerjale või tuleks välja ehitada sademevee puhastamise ja kloriidide õhukaudse leviku tõkestamise lahendused.

Kuigi on olemas ka alternatiivseid lume- ja jäätõrjevahendeid, jäävad kloriidid kõige enam kasutatuks, tingituna odavusest, kättesaadavusest ja efektiivsusest. Teesoolatamise negatiivse mõju vältimiseks tuleb tegeleda ennetavate ja leevendavate meetmete rakendamisega. Teedele puistatava soola hulka tuleb optimeerida ja vältida ülesoolatamist. Aastas tee kilomeetril kasutatav teesoola summaarne kogus pole Eestis piiratud, limiteeritud on ühekorraga teedel kasutatav kloriidide kogus. Sõltuvalt õhutemperatuurist ja jäite ning sademete esinemisest on teedel ühekorraga kasutada lubatud kloriidide kogus ligikaudu 0,2-0,5 tonni/km ning majanduslikel põhjustel (kogumaksumuslepingud)

libedusetõrjevahendeid Eestis üldiselt kasutataksegi vaid nii palju, kui palju on vaja liiklusohutuse tagamiseks.

Arvestades liiklejate soovi, et oleks tagatud võimalikult head sõidutingimused, liikluohutust ja pidades silmas teesoola keskkonnamõju, võiks öelda, et soolakasutus Eesti riigiteedel on küllaltki optimaalne, seda ka sarnasete kliimaatiliste tingimustega lähiriikides nagu Soomes ja Rootsis lubatud kogustega võrreldes (AS Kobras ja AS Maves). Arendamisel on teeilma prognoosimissüsteem, mis peaks tulevikus aitama soolakoguseid vähendada, aidates teehooldajal täpsemini ennustada, kas, millal ning kuhu täpselt soola peab puistama (MNT 2016). Saades paremin aru kloriidide toimest teel, on võimalik teesoola olulisel määral kokku hoida.

Mõõtes teekatte karedust, saadakse teada, kui lähedal ollakse kriitilisele piirile, kus soola mõju hakkab vähenema ja tee moodustub jää. Kui on teada lisaks veekihi paksus ja varasemad soolajäägid ning võtta arvesse ilmaprognoosi, siis on võimalik küllaltki hästi vajalikku soolakogust välja arvutada. Selleks, et vältida libeduse teket, on esmatähtis teha libeduseõrjet õigel ajal ja mitte lasta tekkida kõval jääl. Kasvõi väikese soolajäägiga pinnale jää moodustumine on küllaltki pikk protsess ning tekkiva jää struktuur on esialgu suhteliselt nõrk, et tee ei tekiks kiiresti olulist libedust. Jäävihma korral lahustub varasem sool suhteliselt kiiresti ja siis ei ole muud võimalust kui käija soolatamas sageli, aga väiksemates kogustes. Kui sajab laia lund, pole ükski soolakogus piisav. Siis on tarvis enne soolatamist tee sahatada nii puhtaks kui võimalik. Paksu lume peale ei tohiks kunagi soola puistata, sest seetõttu kukub lume temperatuur järsult. Sool sulatab lume ja tekib lahja kontsentratsiooniga lume ja soolalahuse segu, mis halvemal juhul jääb. Kindlasti pole ka majanduslikult mõistlik lasta teed jäässe, et seda siis oluliselt suurema soolakogusega sulatada. (Puust 2016)

Libeduse teket on mõistlik vältida ennetades, kuna see on ka majanduslikult odavam ja ühtlasi keskkonnasäästlikum kui jäätunud pindade sulatamine, mis väljendub libedusetõrjeks kasutatavate materjalide kulude vähenemises, kuna jäätunud tee sulatamiseks kulutatakse oluliselt rohkem libedusetõrjevahendeid. Vajalik on keskkonnavaline selgitustöö ja täiendkoolituste korraldamine teehooldajate seas teesoolatamise negatiivsete mõjude arusaadavaks tegemiseks ning seda juba ka esmatasandil, soolapuisturite operaatorite seas, kes juhistelevastavalt lõpuks konkreetse

puistekoguse objektil määravad. Üldiselt saab öelda, et kloriidide kasutamise peidetud kulud – keskkonnamõjud - on palju suuremad otsesest materjali kasutamise kulust.

Käesoleva lõputöö autori seisukohalt pole olemasolevate andmete põhjal teehooldel kasutatavatele kloriididele lisapiirangute kehtestamine praegu vajalik, kuid piisavalt põhjendatud on teostada talvise teehoolduse üle täiustatud metoodikaga kompleksset seiret, jälgides kloriidide liikumist ühekorraga pinnases, sademevees ja maapinnalähedases põhjavees. Oluline on kloriidide kasutamise mõju laiem avalik teadvustamine ning kasutatavate teesoola koguste teadlik vähendamine eelpuiste meetodil. Täpsustatud seireprogrammide tulemuste pikemaajalisel trendide analüüsil võib siiski osutuda vajalikuks lokaalsete piirangute kehtestamine. Kuna teesoola mõju ulatus põhjavees on paljude eri muutujate koosmõju arvestamise tõttu kohaspetsiifiline oleks edaspidi mõistlik seire läbiviimiseks ja analüüsiks kaasata hüdrogeoloogid.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli hinnata olemasolevate Maanteeameti Keskkonnatalituse pinnase ja sademevee seirete ning Keskkonnaagentuuri põhjavee tugivõrgu seire alusel Eesti riigimaanteede teehooldel kasutatavate kloriidide võimalikku keskkonnamõju ning sellest tulenevalt teesoolade kasutamisele piirangute kehtestamise vajadust. Lisaks oli eesmärgiks hinnata ka kasutatavate seiremetoodikate asjakohasust.

Töö käigus analüüsiti kokku 332 seireproovi kloriidide sisaldust, millest 125 proovi moodustasid pinnaseproovid, 119 proovi sademeveeproovid ning 88 proovi põhjaveeproovid. Maanteeameti Keskkonnatalituse sademevee seireproovide tulemused ei ületanud joogivee kloriidide reostusnäitajate piirnorme, kuid pinnase ja sademevee proovid ületasid siiski kloriidide sisalduse looduslikke kontsentratsioone. Põhjavee tugivõrgu seirekaevude keskmised kloriidide sisaldused ületasid valdavalt joogiveele kehtestatud piirnormi, kuid selgus, et põhjavee tugivõrgu seirekaevud ei sobi oma asukoha ja sügavuse tõttu teesoolade keskkonnamõju hindamiseks, kuna nende kloriidide sisaldus on põhjustatud eelkõige merevee või aluskorra soolase vee intrusioonist põhjaveekihti.

Töö autori järelduste kohaselt pole olemasolevate andmete põhjal teehooldel kasutatavatele kloriididele lisapiirangute kehtestamine praegu vajalik, kuid piisavalt põhjendatud on teostada talvise teehoolduse üle täiustatud metoodikaga kompleksset seiret. Et praegused proovid on võetud ühekordselt talihooldeperioodi lõpus, mil lumesulamisveega võivad kloriidid olla juba edasi liikunud, ei pruugi näitajad olla maksimaalsed ning jääb oht, et soolatomishooaja keskel ületatakse ikkagi ka reostusnäitajatele lubatud piirnorme. Kuna Maanteeameti Keskkonnatalituse pinnase ja sademevee seireid teostatakse praegu üksteisest eraldi ning liiga väikese sagedusega, pole selge, kui suur osa teesooladest ladestub pinnasesse, kui suur osa liigub pinna- või põhjavette ning kas keskkonnakahjustused on ajutised või püsiva iseloomuga.

Suure liiklussagedusega liiklusmagistraalide ( $\geq 15\,000$  autot/ööpäevas) ning põhjavee kaitsmata toitealaga piirkondades tuleks rajada spetsiaalsed fikseeritud seirepunktid, kus mõõdetakse korraga nii pinnase, sademevee kui ka põhjavee keemilisi näitajaid,

mõõtetihedusega vähemalt üks kord kuus talihooldeperioodil ehk ajavahemikul oktoober-aprill. Maanteeameti pinnase ja sademevee seirete praegu kasutatav metoodika pole riigimaanteede libedusetõrjeks kasutatavate teesoolade keskkonnamõju adekvaatseks hindamiseks piisav. Komplekssed seirepunktid oleks mõistlik rajada praegustesse sademeveeseire punktidesse, lisades juurde pinnaseproovide võtmise ning ehitades maapinnalt esimese põhjaveekihi jälgimiseks alla 10 m sügavusi vaatluspuurkaeve.

Vajalik on Keskkonna- ja Majandusministeeriumi ühine koostöö, kaardistamaks Eestis olevad põhjavee kaitsmata alad, mida läbivad riigiteed ning kus toimub teehooldetööde raames korrapärane lume- ja libedusetõrje kloriidide kasutamine. Tuleb välja töötada riskihindamise põhimõtted ja koostada arengukava libedusetõrje negatiivse mõju ennetamiseks ja vajadusel likvideerimiseks. Vastavalt konkreetsele olukorrale oleks seejärel võimalik otsustada, kas piisab soolakoguste piiramisest, tuleks kasutada alternatiivseid libedusetõrjematerjale või tuleks välja ehitada sademevee puhastamise ja kloriidide õhukaudse leviku tõkestamise lahendused.

Kuigi tänapäeval on olemas ka alternatiivseid lume- ja jäätõrjevahendeid, jäävad kloriidid ikkagi kõige enam kasutatuks, tingituna odavusest, kättesaadavusest ja efektiivsusest. Teesoolatamise negatiivse mõju vältimiseks tuleb tegeleda ennetavate ja leevendavate meetmete rakendamisega. Teedele puistatava soola hulka tuleb optimeerida, kasutades selleks rohkem eelpuistamist ning vältida ülesoolatamist. Vajalik on keskkonnavaline selgitustöö ja täiendkoolituste korraldamine teehooldajate seas teesoolatamise negatiivsete mõjude teadvustamiseks.

Täpsustatud seireprogrammide tulemuste edasisel pikemaajalisel trendide analüüsil võib osutuda vajalikuks teesoolatamisele lokaalsete piirangute kehtestamine. Kuna teesoola mõju ulatus põhjavees on paljude eri muutujate koosmõju arvestamise tõttu kohaspetsiifiline oleks edaspidi mõistlik seire läbiviimiseks ja analüüsiks kaasata ka hüdrogeoloogid.



## SUMMARY

The purpose of the present thesis was to evaluate the potential environmental influence of using chlorides at road maintenance on Estonian national roads on the basis of the Estonian Road Administration and the Environmental Agency`s monitorings and according to that the needs for restrictions. Also evaluating the relevance of the monitoring methodology was a purpose.

During the thesis work 332 monitoring samples were analysed from which 125 were soil samples, 119 rainwater samples and 88 groundwater samples. The Road Administration rainwater samples did not exceed the chlorides pollution limits for drinking water, but soil and rainwater samples exceeded chlorides natural concentrations. Groundwater wells average results were generally exceeding the pollution limits for drinking water, but it was found that the wells are not appropriate for analysing the road salt environmental influence because of their location and height and large chlorides content was caused of seawater or basis regime salty waters intrusive to groundwater`s layer.

According to the author`s conclusions no extra limits for using road salts are necessary at the moment, but sufficient reasons for observing soil, rainwater and groundwater in complex is needed. Because samples are collected by single after the winter maintenance regime, when chlorides can be moved on with the snow melt, the indicators may not be on their maximum and there stays the risk that in the middle of the road salting season pollution limits can be exceeded. Cause monitoring samples are taken separate from each other and in a too low frequency it is not clear how large part of the chlorides settles in soil, how large part moves to surface- and groundwater and is the damage to the environment temporary or permanent.

In high traffic volumes road arteries ( $\geq 15\,000$  cars/day) and unprotected groundwater supply areas special fixed monitoring points should be established where soil, rainwater and groundwater indicators are simultaneously observed at least once a month in a winter maintenance period between October to April. The current methodology used for Road Administration soil and rainwater monitoring is not sufficient for adequate evaluation of

the environmental impact of the road salts. The complex monitoring points would be wise to set in the rainwater monitoring points used at the moment, just adding soil procedure and building under 10 m depth wells for observing the first groundwater aquifer.

It is requisite for the Environmental and Economical ministry to join cooperation for charting Estonian unprotected groundwater supply areas in which national roads undergo and where regular de-icing with chlorides in winter is performed. Risk assessment for preventing negative impacts and ameliorate methods of road salting should be developed. The amounts of chlorides poured on roads should be optimized and oversalting must be avoided. Elucidation of explaining the environmental aspects of road salting and indoctrination among road maintenance contractors are needed to aware the negative impacts of chlorides.

After specifying monitoring programs long term trend analysis it may be necessary to set local limits for using chlorides at road maintenance. Because the influence of road salt in groundwater is site specific due to combined effect of different variables it would be reasonable to involve hydrogeologists for conducting and analysing chloride monitorings in the future.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Aavik, A.** Talihoole. Libedusetõrje. Tee korrashoid II. Tallinna Tehnikaülikool. Tallinn
- AS Kobras ja AS Maves.** (2012-2013). Liiklussõlmede sademevete kogumise ja osalise puhastamise uuring. AS Kobras ja AS Maves. Tallinn
- Addo, J.Q., Sanders, T.G., Chenard, M.** (2004). Road Dust Suppression: Effect on Maintenance Stability, Safety and the Environment. Phases 1-3. Colorado State University.  
<http://www.mountain-plains.org/pubs/pdf/MPC04-156.pdf> (18.05.2017)
- ASPCA.** (2017). Key Issues. The American Society for the Prevention of Cruelty Animals. Animal Poison Control Center. <http://www.asPCA.org/animal-cruelty> (09.03.2017)
- Blomqvist, G., Johansson, E.-L.** (1999). Airborne Spreading and Deposition of De-icing Salt – a Case Study. Swedish National Road and Transport Research Institute. viidatud Hääl, M.-L. (2003). Transpordi saastekoormuse mõju hindamine ja mõju vähendamise meetmete analüüs. Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituut. Tallinn. vahendusel
- Bolander, P., Yamada, A.** (1999). Dust Palliative Selection and Application Guide. San Dimas Technology and Development Center. California.  
[https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1043546.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1043546.pdf) (18.05.2017)
- Dust Control...** (1997). Dust Control on Unpaved Roads. – *Wisconsin Transportation Bulletin*, No. 12, p. 1-6.
- Edvardsson, K., Magnusson, R.** (2009). Monitoring of Dust Emission on Gravel Roads: Development of a Mobile Methodolgy and Examination of Horizontal Diffusion. – *Atmospheric Environment*, vol 43 (4), p. 889-896.
- Edvardsson, K.** (2010). Evaluation of Dust Suppressants for Gravel Roads: Methods Development and Efficiency Studies. Doctoral thesis. Royal Institute of Technology. Stockholm.  
<http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:309927/FULLTEXT01.pdf> (18.05.2017)
- Edvardsson, K., Gustafsson, A., Magnusson R.** (2012). Dust suppressants efficiency study: in situ Measurements of Dust Generation of Gravel Roads. – *International Journal of Pavement Engineering*, vol 13(1), p. 11-31.
- EN.** (2006). Põhjavee kaitse reostuse ja seisundi halvenemise eest. Euroopa Nõukogu Direktiiv 2006/118/EÜ. (vastu võetud 12.12.2006, jõustunud 16.01.2007) – *Euroopa ühenduste teataja*.  
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=celex:32006L0118> (24.01.2017)

- EN** (2014). Vääveldioksiidi, lämmastikdioksiidi, tahkete osakeste ja plii piirtasemete kohta välisõhus. Euroopa Nõukogu direktiiv 1999/30/EÜ. (vastu võetud 22.04.1999, jõustunud 19.07.1999) – *Euroopa ühenduste teataja*.  
<http://eurlex.europa.eu/legalcontent/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0030&from=ET>  
(19.01.2017)
- Grau, R.H.** (1992). Users Guide: Dustproofing Unsurfaced areas. USAE Waterways Experiment Station. Geotechnical Laboratory. Vicksburg.  
<https://erdc-library.erd.dren.mil/xmlui/bitstream/handle/11681/10332/MP-GL-92-9.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (18.05.2017)
- Hääl, M.-L.** (2002). Transpordisaaste uuring. Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituut. Tallinn
- Hääl, M.-L.** (2003). Transpordi saastekoormuse mõju hindamine ja mõju vähendamise meetmete analüüs. Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituut. Tallinn
- Hääl, M.-L.** (2008-2009). Kloriidide mõju keskkonnaseisundile (põhjaveele). Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituut. Tallinn
- Infragate.** (2013). Ülevaade koormusest, mida inimtegevus avaldab pinnaveele. AS Infragate Eesti. Tallinn
- \* **Jones, P.H., Jeffrey, B.A., Watler, P.K., Hutchon, H.** (1992). Environmental Impact of Road Salting. – *Chemical Deicers and the Environment*, p. 1-116. Boca Raton: Lewis Publishers, viidatud: Shi, X., Fay, L. (2012). Environmental Impacts for Snow and Ice Control: State of the Knowledge. <https://www.researchgate.net/publications/257306268> (18.02.2016)  
vahendusel
- Keskkonnaagentuur.** Keskkonnaseire programmid.  
[http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=890&Itemid=142](http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=890&Itemid=142)
- Konsap, U.** (2014). Kruusateede tolmutõrje meetodid I osa. Teadus- ja arendustöö, projekt nr 2014-0096. Ramboll Eesti AS. Tallinn
- MNT.** Riigimaanteede talvine hooldus. Maanteeamet. <http://www.mnt.ee/index.php?id=11637>  
(01.09.2016)
- MNT.** (2007). Kaltsiumkloriidiga tolmutõrje tegemise juhised. Maanteeamet. Tallinn  
[https://www.mnt.ee/sites/default/files/contenteditors/Failid/Juhendid/Hoole/tolmutorje\\_tegemise\\_juhis.pdf](https://www.mnt.ee/sites/default/files/contenteditors/Failid/Juhendid/Hoole/tolmutorje_tegemise_juhis.pdf) (19.01.2017)
- MNT.** (2016). Maanteeameti seireprogramm. Maanteeamet <http://www.mnt.ee/index.php?id=12546>  
(01.02.2016)
- NHDES** (2016). Environmental, Health and Economic Impacts of Road Salt. New Hampshire Department of Environmental Services.  
<http://www.des.nh.gov/organization/divisions/water/wmb/was/salt-reduction-initiative/impacts.htm> (26.02.2016)

- PSC.** (1993). The Use of Selected De-icing Materials on Michigan Roads: Environmental and Economic Impacts. Public Sector Consultants. [http://www.Michigan.gov/mdot/0,1607,7-151-9622\\_11045-57246-,00.html](http://www.Michigan.gov/mdot/0,1607,7-151-9622_11045-57246-,00.html) (02.02.2016)
- Puust, M.** (2016). Kui palju soola on ohutuse tagamiseks piisav? - *TeeLeht*, nr 87, lk 25-27.
- Põhjaveekomisjon.** (2004). Eesti põhjavee kasutamine ja kaitse. Põhjaveekomisjon. Tallinn
- Ramakrishna, D.M., Viraghavan, T.** (2005). Environmental Impact of Chemical Deicers – a Review. – *Water, Air & Soil Pollution*, 166, p. 49-63, viidatud: Shi, X., Fay, L. (2012). Environmental Impacts for Snow and Ice Control: State of the Knowledge. <https://www.researchgate.net/publications/257306268> (18.02.2016) vahendusel
- \* **Ratas, U.** (1996). Teepervede ja pinnase saastatus raskemetallide ja sooladega ning selle mõju taimkattele Tallinnas. Ökoloogia Instituut. Tallinn. viidatud Hääl, M.-L. (2003). Transpordi saastekoormuse mõju hindamine ja mõju vähendamise meetmete analüüs. Tallinna Tehnikaülikooli Teedainstituut. Tallinn. vahendusel
- Remmelgas, S.** (2015). Tolmu teke kruusateedel ja tolmutõrjevahendid. (Magistritöö). Tallinna Tehnikaülikool. Tallinn.
- Riigikontroll.** (2012). Teehooldetööd ja järelevalve nende üle. Kas riigimaanteid hooldatakse mõistlikult? Riigikontrolli aruanne Riigikogule. Tallinn
- RT I.** (1994). Veeseadus. (vastu võetud 11.05.1994, jõustunud 16.06.1994) - *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/127122016006?leiaKehtiv> (03.02.2017)
- RT I.** (1999). Teeseadus. (vastu võetud 17.02.1999, jõustunud 23.03.1999) – *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/112072014024> (17.01.2017)
- RT I** (2001). Heitvee veekogusse või pinnasesse juhtimise kord. (vastu võetud 31.07.2001, jõustunud 01.06.2002) – *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/27210> (03.02.2017)
- RT I.** (2004). Teehoiutööde tehnoloogianõuded. (vastu võetud 13.05.2004, jõustunud 29.05.2004) – *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/756881> (18.01.2017)
- RT I** (2010). Põhjaveekogumite moodustamise kord ja nende põhjaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, põhjaveekogumite seisundiklassid, seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ja koguseliste näitajate tingimused, põhjavett ohustavate saasteainete nimekiri, nende saasteainete sisalduse läviväärtused ja kvaliteedi piirväärtused põhjavees, taustataseme määramise meetodika ning põhjaveekogumite seisundiklasside määramise kord. (vastu võetud 29.12.2009, jõustunud 11.01.2010) – *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/13356008?leiaKehtiv> (16.05.2017)
- RT I.** (2013). Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise meetmed. (vastu võetud 29.11.2012, jõustunud 01.01.2013) – *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/104122012001?leiaKehtiv> (19.05.2017)

- RT I.** (2015a). Ehitusseadustik. (vastu võetud 11.02.2015, jõustunud 01.07.2015) - *Riigi Teataja*.  
<https://www.riigiteataja.ee/akt/105032015001> (17.01.2017)
- RT I.** (2015b). Tee seisundinõuded. (vastu võetud 14.07.2015, jõustunud 18.07.2015) – *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/115072015013> (24.01.2017)
- RTL** (2002). Proovivõtumeetodid. (vastu võetud 06.05.2002, jõustunud 17.05.2002) - *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/95070?leiaKehtiv> (02.04.2017)
- RTL.** (2003). Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinna- ja põhjavee kvaliteedi ja kontrollinõuded. (vastu võetud 02.01.2003, jõustunud 01.07.2003) - *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/237268?leiaKehtiv> (06.02.2017)
- Smith, H.** (2003). Dust Suppression Options and the Tripple Bottom line.  
<http://www.roads.co.nz/ChCh2003/Heather%20Smith.pdf> (18.05.2017)
- \* **Suocoff, E.** (1975). Effect of Deicing Salts on Woody Vegetation Along Minnesota roads.  
 Minnesota Highway Department Investigation 636. Final Report. Saint Paul, viidatud: Shi, X., Fay, L. (2012). Environmental Impacts for Snow and Ice Control: State of the Knowledge. <https://www.researchgate.net/publications/257306268> (18.02.2016) vahendusel
- Teeregister.** (2015). Katete olem teeliikide lõikes. Eesti riiklik teeregister.  
<https://teeregister.riik.ee/mnt/index/report/pivot/data/show.do;jsessionid=40258C2C9F618A508870BB9BFF1B913C?resultID=4a99beb2d987beb27da2467a0b0f11&reportID=3a996cb2d9876cb27da2467a0b0f11> (19.01.2017)
- TRB.** (1991). Highway Deicing, Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate. Special Report 235. Transportation Research Board. National Research Council. Washington.  
<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr235.html> (18.05.2017)
- TÜLO.** Teadmised maantee soolatisest. Tartu Ülikooli loodusteadliku hariduse keskus. Tartu.  
<http://bio.edu.ee/envir/soolat/teadus.htm> (15.04.2017)
- \* **Yaalon.** (1963). The Origin and Accumulation of Salts in Groundwater and in Soils, viidatud [https://www.ipipotash.org/udocs/Chap-2\\_K\\_and\\_cl\\_in\\_soils.pdf](https://www.ipipotash.org/udocs/Chap-2_K_and_cl_in_soils.pdf) (22.04.2017) vahendusel

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks  
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina,  
sünniaeg,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö  
,  
mille juhendaja on,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

- 2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
- 3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
allkiri

Tartu, \_\_\_\_\_  
kuupäev

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)